



Možnosti využití melioračních okrsků pro zvýšení retence a akumulace vody v lesích

Třeboň

24. 10. 2023

SEZNAM ZASTÁVEK ODPOLEDNÍ EXKURZE

(viz str. 29)

1. Hráz bývalého rybníka Hrádeček: základní informace o území (*Karel Taubr*)
2. Podklady z kanceláře, využití podkladů DPZ; Ukázka hodnocení práce specialisty v terénu (*Robert Hruban*)
3. Postup práce specialisty v terénu, hodnocení stanoviště lesních porostů, technických meliorací a křížení lesní a meliorační sítě (*Vladimír Černohous*)
4. Zlatá stoka a akvadukty, hranice lesnického melioračního okrsku (*Dušan Kacálek*)
5. Konec rybníka – odlišné stanovištní podmínky, propojení na rámcové návrhy hospodaření (*Vratislav Mansfeld*)
6. Shrnutí a závěr semináře (*Ondřej Špulák*)



VÝZKUMNÝ ÚSTAV LESNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A MYSLIVOSTI, v.v.i., STRNADY



Výzkumný ústav
lesního hospodářství
a myslivosti, v. v. i.

Možnosti využití melioračních okrsků pro zvýšení retence a akumulace vody v lesích

Sborník semináře s terénní exkurzí

Sestavil

Ing. Ondřej Špulák, Ph.D.

Třeboň

24. 10. 2023

© VÚLHM, v.v.i.

Obsah

Seznam zastávek odpolední exkurze	2
I. Příspěvky semináře	5
Výzkumný projekt „Kategorizace a optimalizace managementu melioračních okrsků pro zvýšení retenční funkce lesa“	5
Úloha lesa v distribuci sluneční energie, oběhu vody, utváření klimatu, zadržení živin	7
Vodní režim lesního porostu, interakce půda-dřevina-atmosféra	14
Lesnické meliorační okrsky, jejich původ a pojetí rámované oblastními plány rozvoje lesů	19
Možnosti využití výsledků šetření lesních melioračních okrsků – na příkladu modelových území	24
II. Exkurzní průvodce	29
Základní informace o území PLO 15 Jihočeské pánve	29
Zastávka č. 1: Hráz bývalého rybníka Hrádeček: základní informace o území	30
Zastávka č. 2: Podklady z kanceláře, využití podkladů DPZ; Ukázka hodnocení práce specialisty v terénu .	31
Zastávka č. 3: Postup práce specialisty v terénu, hodnocení stanoviště lesních porostů, technických meliorací a křížení lesní a meliorační sítě	36
Zastávka č. 4: Zlatá stoka a akvadukty, hranice lesnického melioračního okrsku	38
Zastávka č. 5: Konec rybníka – odlišné stanovištní podmínky, propojení na rámcové návrhy hospodaření	40
Zastávka č. 6: Shrnutí a závěr semináře	41

I. PŘÍSPĚVKY SEMINÁŘE

VÝZKUMNÝ PROJEKT „KATEGORIZACE A OPTIMALIZACE MANAGEMENTU MELIORAČNÍCH OKRSKŮ PRO ZVÝŠENÍ RETENČNÍ FUNKCE LESA“

Ing. Ondřej Špulák, Ph.D.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Výzkumná stanice Opočno; spulak@vulhmop.cz

Výzkumný projekt podpořený v rámci programu Země z prostředků Ministerstva zemědělství ČR (MZe) je řešen v letech 2021 až 2023. Návrh projektu reagoval na výzkumnou potřebu MZe „Management lepšího zadržování vody v oblastech melioračních okrsků definovaných ÚHÚL z hlediska technických opatření a optimální druhové skladby“. Řešitelským pracovištěm je Výzkumná stanice Opočno Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., kmenové výzkumníky doplnili externí specialisté z řad zaměstnanců ÚHÚL. Tak je umožněno plynulejší propojení výsledků s praxí a možnostmi OPRL.

Hlavním cílem projektu, jak byl v návrhu projektu stanoven, je vytvoření metodického přístupu, který podpoří ochranu a obnovu přirozeného vodního režimu v lesích, včetně posílení retenční kapacity lesních stanovišť, a to optimalizací managementu hospodaření v lesích se specifickým (nadlimitním) vodním režimem lesních půd, vymezených jako hydromeliorační okrsky.

Retenční funkci lesů v rámci projektu chápeme jako potenciální schopnost průběžným, dočasným zadržením vody (zpomalením, transformací (přirozené nebo umělé přerozdělení v čase) odtoku vody) v lesním ekosystému umožnit výpar, infiltraci (průsak půdním profilem), rozložení povodňových vln a stabilizovat základní odtok. Na skutečné retenci vody v lesním ekosystému, při které je dočasně zadržována srážková voda dřevinnou vegetací (stromy a keře; intercepce), na povrchu terénu, v půdním krytu (povrchový humus a přízemní vegetace), v půdě, v retenčních prostorách koryta toku apod., se podílí průběh předchozího počasí, množství vody v ekosystému před srážkou, průběh srážky apod. K retenci kladně přispívá také fyziologický výpar vegetace (transpirace). V projektu se snažíme všechny tyto aspekty zohledňovat. Také přednášky tohoto semináře nás uvedou do širších souvislostí této problematiky.

Při řešení projektu jsme vycházeli z dosavadní metodiky ÚHÚL vymezující meliorační okrsky (MO) na vodou ovlivněných stanovištích (Navrátil et al. 2012). Předpokládá se, že nová vyvíjená metodika nahradí metodiku předchozí, ÚHÚL se stane jejím garantem a uživatelem, a výsledky šetření budou mj. zahrnuty do přípravy OPRL. Postup nové metodiky byl v rámci projektu rozvíjen a ověřován na modelových typových melioračních okrscích. Základní vymezení typů MO jsme striktně postavili na podkladech lesnické typologie s cílem zachování jednotného přístupu v rámci ČR i možnosti pravidelné aktualizace v případě zpřesňování typologického mapování.

Fáze kancelářské přípravy nového postupu je postavena na řetězci moderních metod analýzy prostorových dat v prostředí GIS, který jsme částečně zautomatizovali. Podstatným krokem je analýza variability terénu zpracováním digitálního modelu reliéfu (DMR5g) s cílem zobrazit pravděpodobné rozložení meliorační sítě, míst rozrůzněnosti terénu příznivého pro infiltraci („mikrodeprese“) a cest preferenčního povrchového odtoku.

Následuje fáze venkovního šetření, při kterém specialista ověří a doplní vybrané databázové položky získané z kanceláře a na závěr doporučí základní směr dalšího managementu MO. Nedílnou součástí jednotného přístupu bude metodická kontrola. Seznámení s jednotlivými fázemi nového postupu rozlišení a využití melioračních okrsků pro zvýšení retenční funkce lesa umožní odborné přednášky tohoto semináře i ukázky odpolední exkurze.

Celý postup řešení usiluje o to, aby konečně výsledky monitoringu MO byly následně využívány jednak pro zmiňované účely OPRL a jejich prostřednictvím, ale aby šíře položek databáze MO umožňovala i další aplikace. Tak se uživatelem výsledků, věříme, stane Ministerstvo zemědělství např. při plánování adaptačních opatření a opatření pro stabilizace stanovišť ovlivněných vodou, při nastavování jejich podpory a monitoringu vývoje

situace v regionech ČR. Dále Ministerstvo životního prostředí např. při zohledňování environmentální poptávky (realizace zájmů ochrany přírody, podpora ochrany a tvorby krajiny) a vymezení případných střetových lokalit zájmů ochrany přírody a vlastníka. Uživatelem se stane i vlastník lesů v návaznosti na existující LHP, případně osnovu, kterému budou data prospěšná při vytipování stanovišť pro případné čerpání peněz na opatření související s retencí vody a současně pro realizaci prováděcího projektu na podrobné úrovni.

Hlavními výstupy projektu, mimo výsledky odborně publikační (Hruban et al. 2022, Kacálek et al. 2021, Mansfeld 2023, Špulák et al. 2023a, b), budou zmiňovaná „Metodika rozlišení a využití lesnických melioračních okrsků pro zvýšení retenční funkce lesa“ a soubor map „Typové lesnické meliorační okrsky v lese a jejich diferenciaci pro zvýšení retenční funkce lesa“, představující na příkladu modelových území reprezentujících základní škálu typů melioračních okrsků mapové kompozice vyvinuté pro fázi venkovního šetření této metodiky.

Poděkování

Příspěvek vznikl díky prostředkům na výzkumný projekt QK21020386 „Kategorizace a optimalizace managementu melioračních okrsků pro zvýšení retenční funkce lesa“.

Citovaná literatura

Hruban R, Špulák O, Mansfeld V, Černohous V, Kacálek D, Čepelka L (2022): Příprava nové kategorizace a optimalizace managementu melioračních okrsků pro zvýšení retenční funkce lesa. In: Neudertová Hellebrandová, K. (ed.). Lesnická hydrologie - věda a praxe. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i, Jíloviště-Strnady, 25 str., Sborník abstraktů z odborné konference, Kouty, 15.-16. 9. 2022

Kacálek D, Špulák O, Bartoš J, Šach F (2021): Historická percepce biomeliorační funkce lesa – časová osa. In: Kacálek D et al. (eds.). Pěstování lesů – nová témata ve střední Evropě. Sborník původních vědeckých prací u příležitosti 21. vědecké konference pěstitelů lesa. Dobruška, 7. – 8. 9. 2021. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno: 181-187

Mansfeld V (2023): Význam a využití lesních melioračních okrsků pro zvýšení retenční funkce lesů. In: Čašek J., Fialová J. (eds.): Sborník 22. ročníku konference Krajině inženýrství 2023, 14. – 15. 9. 2023 v Kongresovém centru zámku ve Křtinách, s. 93 - 98

Navrátil P, Mansfeld V, Černohous J (2012): Metodika mapování hydromelioračních okrsků – verze 05. ÚHÚL, 22 s.

Špulák O, Hruban R, Kacálek D, Mansfeld V, Taubr K, Černohous V (2023a): Lesnické meliorační okrsky, jejich vymezení a připravované podklady pro směřování hospodaření na nich. In: Novák J, Dušek D (eds.): Postupy hospodaření v malolesích V. Sborník semináře s praktickými ukázkami. Vranov, 17. 10. 2023. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. a Česká zemědělská univerzita: s. 21 - 25

Špulák O, Kacálek D, Černohous V (2023b): Groundwater Fluctuation of a Meliorated Forest Catchment in Connection with the Climate and the Growth of Forest Stands—30 Years of Monitoring. *Water*, 15(3), 432

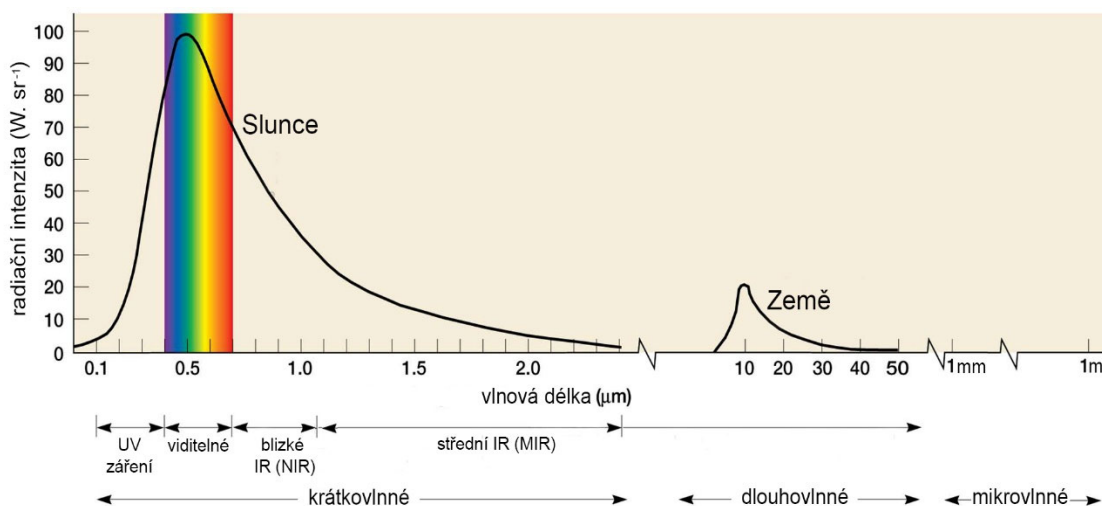
ÚLOHA LESA V DISTRIBUCI SLUNEČNÍ ENERGIE, OBĚHU VODY, UTVÁŘENÍ KLIMATU, ZADRŽENÍ ŽIVIN

doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.

ENKI, o.p.s., Třeboň, Dukelská 145; pokorny@enki.cz

Radiační bilance v rostlinných porostech

Slunce vyzařuje tzv. krátkovlnné záření v rozsahu 200 – 4000 nm. Při průchodu atmosférou se toto záření částečně absorbuje, pohlcuje a odráží. V mírném pásmu ve vegetační sezóně přichází za jasné oblohy na vodorovný povrch země až 1000 W.m⁻² sluneční energie. Globální (difúzní + přímé) záření, které dopadá na povrch země, se částečně odráží, ohřívá povrch země a tento povrch potom vyzařuje do oblohy záření dlouhovlnné (obr. 1, 2).

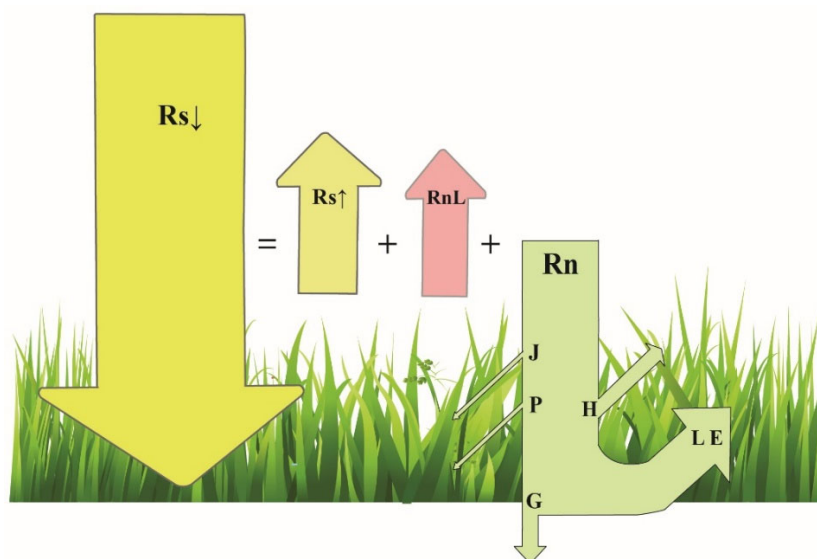


Obr. 1: Intenzita radiačního toku slunečního záření (krátkovlnné) a tepelného záření Země (dlouhovlnné). Největší podíl energie vysílá Slunce v oblasti světelného (viditelného) záření (0,4 – 0,7 μm, tedy 400 – 700 nm). Nižší podíl krátkovlnného záření tvoří UV záření a IR = infračervené záření (infrared), to se skládá z blízkého IR –NIR (near-infrared) a středního IR - MIR (mid-infrared). (McKnight & Hess 2007, upraveno Pokorný a kol. 2021). Jednotka W.sr⁻¹ vyjadřuje intenzitu záření dopadající na plochu vymezenou jednotkovým prostorovým úhlem.

Za jasné oblohy přichází na metr čtverečný až 1000 W sluneční energie, při zatažené obloze přichází řádově méně, tedy pod 100 Wm⁻². Při zatažené obloze je povrchová teplota země/terénu jen o několik stupňů vyšší nežli teplota oblohy/mraků. Jasná obloha je chladná, její efektivní teplota je pod bodem mrazu. V březnu 2022, kdy přišel suchý (vymrzlý) vzduch ze severu, byla efektivní teplota jasné oblohy mezi -30 až -40° C a do oblohy se vyzářilo téměř 60% energie (ve formě dlouhovlnného záření), která přišla jako sluneční energie (krátkovlnná). Zmrzlo borůvčí, mrzly vysázené stromky. Děsíme se globálního oteplení, ale přibývá jarních přízemních mrazů, které často nezachytí měření teploty vzduchu ve výšce 2 m.

Podrobněji je tato problematika popsána ve výukových metodikách a učebnici volně dostupné na: <https://www.pf.jcu.cz/projekty/svv> a <https://planteducation.eu>.

Množství přicházející sluneční energie i tok tepla od povrchu země do atmosféry závisí na oblačnosti, na vlhkosti vzduchu. Opakovaně se tedy vrací otázka: ovlivňuje člověk nějak oblačnost, ovlivňuje vlhkost vzduchu?



Obr. 2: Schéma energetické bilance porostu. Krátkovlnné dopadající sluneční záření ($R_{s\downarrow}$), odražené krátkovlnné sluneční záření ($R_{s\uparrow}$) a dlouhovlnné záření vysílané povrchem země do atmosféry (R_{nL}). „Zbytek“ tvoří tzv. čisté záření (R_n = net radiation), které se v porostech váže hlavně do odparu vody jako latentní teplo výparu (LE = skryté teplo evapotranspirace), ohřívá povrch a od ohřátého povrchu se ohřívá vzduch (H = zjevné teplo), ohřívá se půda (G = tok tepla do půdy). Velmi malý podíl sluneční energie (nejvýše 1 %) se váže fotosyntézou do biomasy (P) a ohřívá biomasu porostu (J).

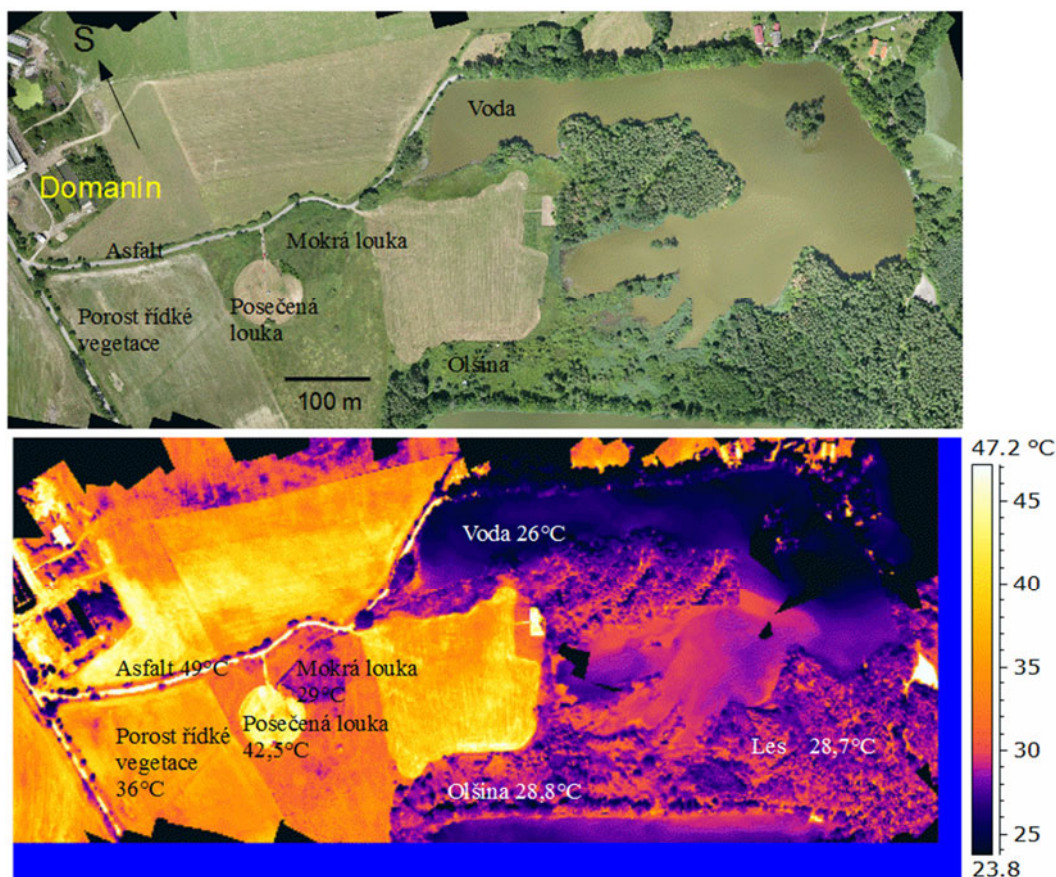
Distribuce čistého záření (netradiation R_n): Rozhodující pro osud (distribuci) sluneční energie je přítomnost vody a vegetace. V porostech zásobených vodou se podstatná část dopadající sluneční energie spotřebuje na výpar vody. Energie je ve formě latentního tepla výparu vázána ve vodní páře. Latentní (skupenské) teplo výparu 1 kg vody při teplotě 20° C a normálním tlaku je 2,45 MJ (0,68 kWh). Nutno zdůraznit, že z 1 kg vody vznikne na 1200 litrů vodní páry (Avogadrův zákon). Výpar vody zprostředkovaný rostlinami (transpirace) a porosty (evapo-transpirace), je provázen přeměnami a přenosem sluneční energie v čase i prostoru a změnami tlaku vzduchu. Vodní pára se sráží v chladu poté, co teplota klesne k rosnému bodu. Probíhá tak přenos sluneční energie ze dne do noci a rána (tvorba mlhy a rosy) i do atmosféry (tvorba mraků). Oblačnost odráží sluneční záření a současně brání toku dlouhovlnného záření (tepla) do atmosféry.

Fotosyntetický příjem jedné molekuly oxidu uhličitého a výdej jedné molekuly kyslíku je provázen výparem stovek molekul vody. Zatímco fotosyntéza váže do biomasy jednotky wattů sluneční energie na 1 m² porostu, u evapotranspirace jsou spotřebovány stovky wattů na 1 m². Do rostlinné biomasy se za rok fotosyntézou naváže necelé 1 % dopadající sluneční energie, na výpar se spotřebují desítky % dopadající sluneční energie. Tento poměr vyjadřuje též tzv. transpirační koeficient, což je množství vody v kg spotřebované na produkci 1 kg rostlinné biomasy (vyjádřeno v sušině). Transpirační koeficient je několik set kg vody na kg vytvořené sušiny. Pro slunný den vegetační sezóny může sloužit jako orientační hodnota rychlost evapotranspirace lesa zásobeného vodou 100 mg.m⁻².s⁻¹, což odpovídá 240 W.m⁻². Po odlesnění či po uschnutí lesa stoupá povrchová teplota, protože se sluneční energie neváže do vodní páry, ale ohřívá povrch a uvolňuje se jako zjevné teplo (Pokorný 2019).

Literatura o radiační bilanci země, vodní hladiny, porostů a atmosféry, ale i vlivu člověka je zpracována v četných monografiích (např. Arya 2001, Geiger et al. 2003, Havlíček a kol. 1986, Monteith 1973).

Evapotranspirace

Povrchové teploty v krajině za slunného dne závisí zejména na dostupnosti vody a výparu (evapotranspiraci), tedy na tom, kolik sluneční energie se váže do výparu vody. Ukazuje to termovizní snímek kulturní krajiny na Třeboňsku v okolí Domanína (obr. 3). Vodní hladina, les, mokřady (olšina) mají povrchové teploty pod 30° C, posečená louka a sporá vegetace nad 35° C, asfalt 49° C.



Obr. 3: Termovizní snímek pořízený ze vzducholodi v okolí obce Domanín u Třeboně (9. července 2009 ve 14:00) ukazuje povrchovou teplotu různých typů krajinného pokryvu v horkém letním dni (T vzduchu 30°C). Nejchladnějšími povrchy jsou (kromě vody 26°C) díky evapotranspiraci, olšina, les a mokrá louka (cca 29°C). Teplota suché posečené louky ($42,5^{\circ}\text{C}$) se blíží teplotě asfaltového povrchu (49°C). Na malé ploše vznikají teplotní rozdíly více než 20°C . (Hesslerová a kol. 2013; Ellison a kol. 2017).

Diskutovaná úloha lesů v hydrologickém cyklu

Diskuse o funkci lesů v hydrologickém cyklu bývají kontroverzní. Voda transpirovaná rostlinami je často považována za ztrátu. Transpirace je někdy dokonce označována za nevyhnutelné zlo v tom smyslu, že voda je obětována ve prospěch umožnění příjmu CO_2 pro proces fotosyntézy. „Ztráta vody výparem“ je odborným termínem. Při srovnání relativně malých povodí odteče ze zalesněných povodí menší podíl srážek než z povodí s převahou luk nebo částečně odvodněných. To bylo opakovaně prokázáno v experimentech s párovými povodími (např. Andréassian 2004). Ukázalo se, že vysoká spotřeba vody rychle rostoucích lesních plantáží i mladých sazenic v novém lese může mít negativní dopad na vodní zdroje (van Dijk a Keenan 2007, Calder 2007). Vyšší podíl srážek zadržovaných v lesním porostu vedl opakovaně k „logickému rozhodnutí“ odlesnit a odvézt větší podíl srážek do přehrady a závlahových systémů. Na druhé straně rozsáhlé odlesňování v historii vedlo k postupnému poklesu srážek, vysychání a regionálnímu nedostatku vody (Ponting 2018, Diamond 2005).

Jako nejstarší písemný doklad o funkci lesů v napájení pramenišť a pozitivním vlivu na srážky se uvádí Naturalis Historia, 37 svazkové dílo, které sepsal Plinius Starší v prvním století našeho letopočtu (Andréassian 2004). Často je citován zápis z deníku K. Kolumba, který též vyslovil hypotézu, že rozdíl ve srážkách pozorovaný mezi Azorskými ostrovy a Kanárskými ostrovy a "Západní Indií" byl způsoben zničením lesních porostů. O nezastupitelné funkci lesů v hydrologickém cyklu a utváření klimatu nepochyboval Alexander Humboldt, jehož pozoruhodné celoživotní dílo zpřístupnila dnešnímu zájemci Andrea Wulf (2016).

Podobně jako Humboldt varoval před následky rozsáhlého odlesňování v severní Americe G.P. Marsh (1864). Pro naši dobu je stále aktuální kniha V. Úlehly (1947) s výstižným názvem „Napojme prameny: o utrpení našich lesů“. Ve druhé polovině 20. století se archeologům podařilo shromáždit nálezy a popsat vývoj i pád civilizací

na několika kontinentech. Anglický archeolog Clive Ponting vysvětluje pád historických civilizací v Mezopotámii, severní Africe, údolí Indu a dalších odvodněním, odlesněním, degradací a zasolením půdy, změnou regionálního klimatu. Kniha vyšla v českém překladu. V této souvislosti se často cituje Platon (Ponting 2018) „*To, co zde nyní zůstalo, je ve srovnání s tím, co zde bylo dříve, jako kostra nemocného člověka; tuk a měkká zem odplaveny (promrhány) a zůstala holá kostra země ...některé hory poskytují potravu pouze včelám, a přitom nedávno na nich rostly stromy*“. Dále popisuje, jak „*voda po dešti rychle odtéká, zatímco dříve dešťovou vodu využívaly četné lesy a pastviny a bohatá jílovitá půda*“.

Rozsáhlé studie zaměřené na zhodnocení distribuce ročních srážek od pobřeží oceánu směrem do vnitrozemí ukázaly, že v lesnatých oblastech (západní Afrika/Kongo, Sibiř/Jenisej, Jižní Amerika/Amazonie) srážek neubývá do vzdálenosti několik tisíc km od pobřeží. V oblastech s nízkým zastoupením lesů srážek směrem od pobřeží exponenciálně ubývá. Tento pozorovaný jev, vysvětlují autoři (Makarieva, Gorškov 2007) fyzikální teorii „biotické pumpy“, vycházející z poklesu tlaku vzduchu při kondenzaci vodní páry na vodu kapalnou v oblacích nad lesy (condensation induced air mass movement).

Autoři ukázali zásadní úlohu vodní páry uvolňované evapotranspirací: vodní pára nad lesem kondenzuje a tvoří se mraky, plyn (vodní pára) se sráží na kapalinu, která má mnohem menší objem. Tak se v atmosféře nad lesy snižuje tlak vzduchu a dochází k horizontálnímu vtahování vzduchu z území, kde je kondenzace nižší. Prakticky to znamená, že kondenzace nad pobřežním lesem zrychluje brízu od moře a nasává vlhký vzduch na pevninu, kde případně vodní pára zkondenzuje a spadne jako déšť. Jestliže les v dostatečném poměru pokrývá pevninu dále do vnitrozemí, cyklus může pokračovat a udržuje proudění vlhkého vzduchu i několik tisíc kilometrů. Krátký oběh vody tak udržuje v chodu oběh dlouhý mezi mořem a pevninou.

Tato teorie biotické pumpy do jisté míry obrací tradiční myšlení: není to atmosférická cirkulace, která pohání hydrologický cyklus (oběh vody), ale hydrologický cyklus pohání cirkulaci vzdušných mas. Přičemž hnací silou je sluneční energie působící přes výparné teplo vody (Pearce 2020). Zopakujme si: výparné teplo vody při 25 °C je 2,45 MJ/litr (0,68 kWh), což je ekvivalent kapacity jedné autobaterie. Z litru vody vznikne 1200 litrů vodní páry.

Biotická pumpa vysvětluje tzv. paradox chladné Amazonie (Sheil 2018). Od ledna do června, kdy je Amazonská nížina chladnější nežli oceán, vane silný vítr od Atlantiku směrem do Amazonie, tzn. opačným směrem, než bychom očekávali, v případě závislosti směru větru na rozdílu teplot. Jinými slovy vítr by váł od chladnějšího kontinentu do teplejšího oceánu, jako je tomu v případě brízy. Autoři teorie biotické pumpy argumentují, že ten samý mechanismus ovlivňuje i tropické cyklony, které jsou poháněny uvolňovaným skupenským teplem a poklesem tlaku, kdy vodní pára kondenzuje nad oceánem (Makarieva et al. 2013a,b; 2017). Pokud pevninské lesy přitahují vlhký vzduch z míst, kde cyklony vznikají, tak brání vzniku hurikánů. To může být vysvětlením, proč se cyklony zřídka tvoří v jižní části Atlantského oceánu. Deštné lesy Amazonie a Konga přitahují z oceánu tolik vlhkosti, že je jí málo na to, aby byla dostatečným zdrojem energie pro vznik hurikánů.

Úloha lesů v oběhu vody a tvorbě dešťových srážek

Světové společenství úmluvami opakovaně deklaruje, že lesy jsou světové přírodní bohatství a mají být spravovány pro zachování ekosystémových funkcí (Rio de Janeiro 1992)

V preambuli Lesního zákona je psáno: Účelem tohoto zákona je stanovit předpoklady pro zachování lesa, péči o les a obnovu lesa jako národního bohatství, tvořícího nenahraditelnou složku životního prostředí, pro plnění všech jeho funkcí a pro podporu trvale udržitelného hospodaření v něm.

Lesů na planetě ovšem ubývá. V letech 2003 – 2018 byly celosvětové roční průměrné ztráty lesa 239 000 km², z toho 38% připadá na lesní požáry (Wees et al. 2021). Jsou obavy, že odlesnění může způsobit vyschnutí dalších oblastí, například severní části deštného amazonského lesa se mohou přeměnit na savanu. Stejně tak jsou ohroženy i zemědělské oblasti Číny, afrického Sahelu a argentinské Pampy. Četné velké městské aglomerace jsou závislé na dešťových srážkách, pocházejících ze vzdálených lesů, například Karáčí v Pakistánu, Wuhan a Šanghai v Číně, New Delhi a Kalkata v Indii. I malý pokles srážek způsobený změnou krajinného pokryvu na návětrné straně, může mít negativní dopad na dodávky vody do zalidněných oblastí dále ve směru větru (Keys et al. 2018).

Brazilští meteorologové uveřejnili studii o izotopovém složení dešťové vody v Amazonské nížině a ukázali, že polovina dešťových srážek v Amazonii pochází z transpirace lesa. Voda recyklovaná transpirací rostlin totiž obsahuje více molekul s těžkým izotopem kyslíku (O^{18}), nežli voda vypařená z oceánu (Salati et al. 1979).

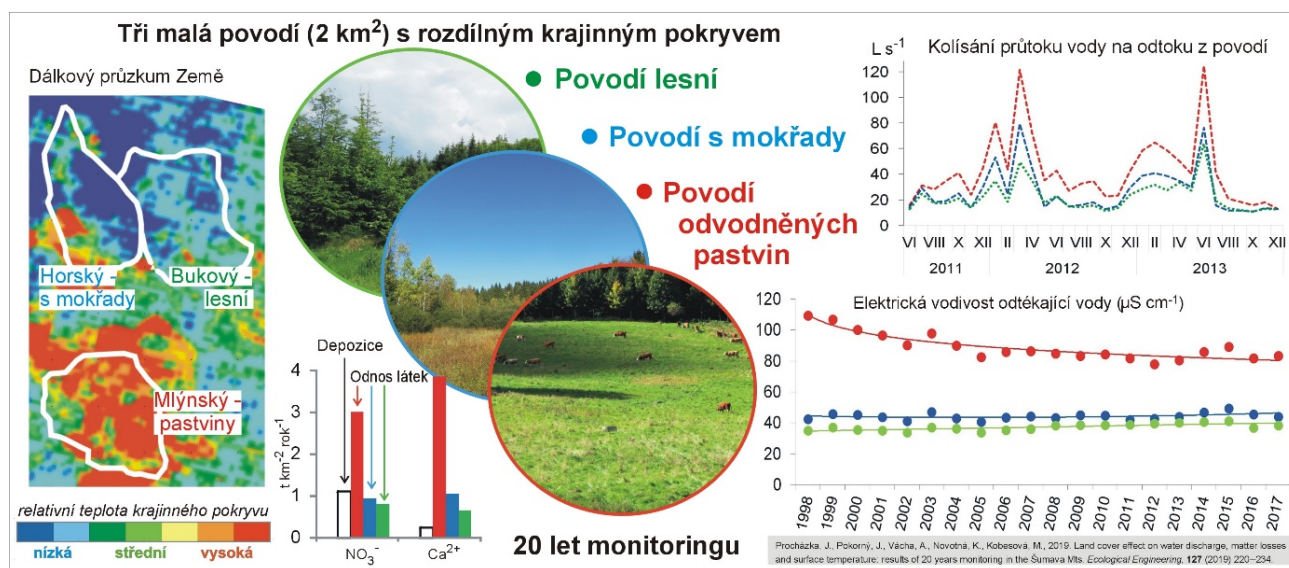
Fred Pearce (2020) popisuje, jak meteorologové sledovali atmosférické tryskové proudění směřující z východu na západ přes lesy Amazonie ve výšce okolo 1,5 km (South American Low-Level Jet), které se v oblasti And stáčí k jihu. Salati, A. Nobre a další ukázali, že tato trysková proudění přenáší množství vlhkosti, která pochází z transpirace lesů a nazvali ho létající řekou, protože podle odhadu nese tolik vlhkosti, jak ohromná řeka na kontinentu pod ním. Savenije (1995) ukázal, že směrem od pobřeží do vnitrozemí stoupá podíl dešťové vody, která pochází z lesů a ve vnitrozemí dosahuje 90%. Toto zjištění pomohlo vysvětlit, proč se za posledních šedesát let vnitrozemí Sahelu vysušilo poté, co byly vykáceny lesy na pobřeží.

Van der Ent et al. (2010) ukázali, že globálně 40 % veškerých srážek pochází spíše z pevnin nežli z oceánů. Často to bývá i více. Amazonská létající řeka dodává 70 % dešťových srážek Laplatské nížině. Van der Ent byl překvapen zjištěním, že 80 % srážek v Číně pochází z Atlantiku, voda je recyklovaná boreálními lesy Skandinávie a Ruska. Tento koloběh trvající půl roku i déle, zahrnuje několik fází – cykly transpirace následované deštěm postupujícím po směru větru a opětovná transpirace. Čína sousedí s Tichým oceánem, přesto většina jejích srážek je vlhkost recyklovaná z pevniny daleko na západě.

Je dobře známo, že lesy čistí vodu a na úrovni povodí, regionů i kontinentů zásadně ovlivňují dostupnost vody a regulaci teploty v krajině. Nové vědecké závěry ukázaly, že lesy mají větší funkční význam, než se dříve myslelo, a že jejich fungování lze ovlivnit způsobem hospodaření a dosáhnout tak krátkodobých i dlouhodobých zlepšení z hlediska dostatku vody v krajině i fungování klimatu v měřítku od jednotlivých povodí po celé kontinenty. Lesy jsou zásadně významné v pěti procesech (Ellison et al. 2017):

- Lesy podporují vznik srážek.
- Stromy a lesy jsou přirozené chladicí systémy.
- Lesy generují toky vzduchu a vlhkosti.
- Stromy a lesy přispívají k zásobování podzemních vod, zadržují živiny
- Lesy zmírňují dopady záplav.

Názorným příkladem, jak les zadržuje alkalie a živiny, tlumí odtok vody přívalové srážky a chladí, poskytují výsledky soustavného 20ti letého monitoringu třech mikropovodí na pravém břehu Lipna. Tento monitoring vychází ze spolupráce s W. Riplem (1995, 2003). Les tlumí nejlépe odtok vody po přívalové srážce, odtékající voda má nízký obsah živin a alkálií (nízká elektrická vodivost), obsah dusičnanů v odtékající vodě je nižší nežli atmosférické depozice dusičnanů. Les, podobně jako mokřadní povodí má za slunného počasí zřetelně nižší povrchovou teplotu nežli odvodněná pastvina (obr. 4).



Obr. 4: Funkce lesa, odvodněné pastviny a mokřadů v regulaci odtoku vody, kvality vody, ztrát látek a povrchových teplot. Výsledky 20 let monitoringu tří malých (c. 200ha) povodí na pravém břehu Lipna (Procházková et al 2017).

Z pastviny odtéká nejvyšší podíl srážek. Les a mokřad zadrží větší podíl srážek, menší podíl srážek odtéká do přehrad. To svádí k odlesňování. Pokud se odlesní velké plochy, krajina se přehřívá, vysychá a srážky klesají, naruší se oběh vody, půda se provzdušní, zrychlí se mineralizace půdy, zvýší se obsah rozpuštěných látek, zejména dusičnanů, voda se okyselí a často se zvýší obsah železa a manganu. Tyto jevy jsou nejnověji popsány v lesních porostech, které uhynuly gradací kůrovce a sloužily jako zdroj pitné vody (Ondráček 2021).

Odlesněné plochy, uschlý les, nepropustné zastavěné plochy se na slunci přehřívají a od nich se ohřívá vzduch, který stoupá vzhůru rychlostí několik metrů za sekundu. Ohřátý vzduch má nízkou relativní vlhkost, může však obsahovat hodně vody. Vzduch o teplotě 40° C obsahuje při 20% nasycení 10 gramů vodní páry na metr krychlový. Takový vzduch musí vystoupat velmi vysoko, aby bylo dosaženo rosného bodu a tvořily se mraky, voda se nevrací zpět jako odpolední déšť. Ohřátý vzduch nasává vlhkost i z okolí, a tak vysychají okraje lesů a zvyšuje se výpar z vodních ploch a vegetace. Na rozdíl od suchých ploch, les se chladí výparem vody korunami stromů, teplota vzduchu nad lesem je pod 30° a vzduch má vysokou relativní vlhkost, často pozorujeme mlhu nad lesy. Vlhký vzduch stoupá zvolna vzhůru, tvoří se mraky a voda se vrací ve formě odpoledního deště. Funguje krátký oběh vody a biotická pumpa. Navíc, stromy produkují volatilní organické látky (terpenoidy), které působí jako kondenzační jádra a katalyzují srážení vodní páry, podobně jako bakterie, jejichž role je opakovaně dokládána.

Shrnutí

Mlha a mraky tlumí příkon sluneční energie na les a jejich okolí. Odlesnění, odvodnění, usychání lesů a urbanizace vedou ke snížení vlhkosti vzduchu, přehřívání krajiny (Pokorný, Hesslerová, 2022, Hesslerová et al. 2022, Makarieva et al. 2022). Od přehřátých povrchů, které se nechladí výparem vody, se ohřívá vzduch, který stoupá rychle vzhůru, odnáší vodní páru vysoko do atmosféry, netvoří se mraky (není dosaženo rosného bodu) a vlhkost odchází do moří. Tuto ztrátu vody nelze zaznamenat měřením srážkově odtokových poměrů. Zvyšování letních extrémních teplot, nárůst příkonu sluneční radiace, zvýšení četnosti jarních přizemních mrazů, lze vysvětlit poklesem vlhkosti vzduchu a oblačnosti jako následku odvodnění, usychání lesa a urbanizace.

Tento text vychází z kapitoly pro knihu Les a voda (Vít Šrámek a kol). Autor prosí o kritické připomínky.

Literatura

- Andréassian V (2004) Waters and forests: From historical controversy to scientific debate. *Journal of Hydrology*, 291: 1 – 27.
- Arya, S.P. (2001) *Introduction to Micrometeorology*, Academic Press, San Diego, 415 p.
- Calder IR (2007) Forest and water – ensuring forest benefits outweigh water costs. *Forest Ecology and Management*, 251:110–120.
- Diamond J., 2005. *Collapse: how societies choose to fail or survive*. Viking Books, New York
- Ellison, D., Morris, C. E., Locatelli, B., Sheil, D., Cohen, J., Murdiyarsa, D., Gutierrez, V., van Noordwijk, M., Creed, I.F., Pokorný, J., Gaveau, D., Spracklen, D.V., Tobella, A.B., Ilstedt, U., Teuling, A.J., Gebrehiwot, S.G., Sands, D.C., Muys, B., Verbist, B., Springgay, E., Sugandi, Y., Sullivan, C.A., (2017). Trees, forests and water: cool insights for a hot world, *Global Environmental Change* 43, 51–61
- Geiger, R., Aron, R.H., Todhunter, P. (2003), *Climate near the Ground (Sixth Edition)* Rowman Littlefield Publishing Group, 584 pp
- Havlíček, V., a kol. (1986), *Agrometeorologie*, Státní zemědělské nakladatelství Praha, 260 stran
- Hesslerová, P., Huryna, H., Pokorný, J., Kozumplíková, A., Vyskot, I., (2022) Změny klimatické funkce lesních porostů jako následek jejich plošného odumření po gradaci lýkožrouta smrkového. *Zprávy lesnického výzkumu* 67 (1) : 311 - 320
- Hesslerová, P., Pokorný, J., Brom, J., Rejšková – Procházková, A. (2013), Daily dynamics of radiation surface temperature of different land cover types in a temperate cultural landscape: consequences for the local climate. *Ecological Engineering* 54, 145 – 154
- Hesslerová, P., Pokorný, J., Huryna, H., Harper, D. (2019), Wetlands and Forests Regulate Climate via Evapotranspiration., In, S.An, J.T.A. Verhoeven (eds.), *Wetlands: Ecosystem Services, Restoration and Wise Use*, *Ecological Studies* 238, pp.63 – 93
- Jirka V., Hesslerová, P., Huryna, H., Pokorný, J., (2021) Energetická výměna mezi zemským povrchem a atmosférou v závislosti na meteorologických podmínkách bez ohledu na obsah CO₂. *Vytápění, větrání, instalace*. 5/ 2021, str. 234 – 239
- Keys, P. W., Wang-Erlandsson, L., Gordon, L. J. (2018) Megacity precipitation sheds reveal tele-connected water security challenges. *PLoS ONE* 13(3): e0194311 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194311>

- Makarieva A.M., Gorshkov V. (2007) Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11: 1013–1033. DOI: 10.5194/hessd-3-2621-2006
- Makarieva, A., Gorshkov, V. G., Nefiodov, A., Chikunov, A. V., Sheil, D., Nobre, A. D., Li, B. L. (2017) Fuel for cyclones: The water vapor budget of a hurricane as dependent on its movement, *Atmospheric Research* 193, DOI 10.1016/j.atmosres.2017.04.006 <https://www.researchgate.net/publication/315950039>
- Makarieva, A., Nefiodov, A., Nobre, A.D., Sheil, D., Nobre, P., Pokorný, J., Hesslerová, P., Li, B.L. (2022) Vegetation Impact on Atmospheric Moisture Transport under Increasing Land-Ocean Temperature Contrasts. Volume 8, Issue 10, October 2022, e11173 <https://arxiv.org/abs/2112.12880>
- Makarieva, A.M., Gorshkov, V.G., Li, B.L., (2013a). Revisiting forest impact on atmospheric water vapor transport and precipitation. *Theor. Appl. Climatol.* 111, 79–96. doi:10.1007/s00704-012-0643-9.
- Makarieva, A.M., Gorshkov, V.G., Sheil, D., Nobre, A.D., Li B.L. (2013b), Where do winds come from? A new theory on how water vapor condensation influences atmospheric pressure and dynamics. *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 1039–1056, Marsh, G.P. (1864) *Man and Nature, or Physical Geography as Modified by Human Action*
- McKnight, W.S., Hess, D. (2007) *Physical geography: a landscape appreciation*. 9th ed., Upper Saddle River, New Jersey, 720 s
- Monteith, J. L., (1973) *Principles of Environmental Physics*, Edward Arnold Ltd, London 241 pp.
- Ondráček. M. (2021) Extrémní počasí, kůrovcová kalamita a prameniště Heraltice na Třebíčsku | Vodarenstvi.cz (www.vodarenstvi.cz)
- Pearce, F., (2020) Weather makers. *Science* 368, 1302–1305. doi:10.1126/science.368.6497.1302.
- Pokorný, J., (2019) Evapotranspiration. In: Fath, B.D. (editor in chief) *Encyclopedia of Ecology*, 2nd edition, vol. 2, pp. 292–303. Oxford: Elsevier. © 2019 Elsevier B.V.
- Pokorný, J., Hesslerová, P., (2022) Aktivní úloha vzrostlého lesa v klimatu, oběhu vody a zadržování živin. *Časopis SOVAK*, 7-8 2022, str. 16 – 25
- Pokorný, J., Ryplová, R., Hesslerová, P., Jirka, V., Vácha, Z., (2021), *Slunce – voda – rostliny – klima: Podklady k poznání a výuce*. ENKI, o.p.s. Třeboň, 230 stran, <https://www.pf.jcu.cz/projekty/svv/>
- Ponting, C. 1991. *A Green History of the World. The Environment and the Collapse of Great Civilizations*, Penguin Books, 1991, 412 s.
- Ponting, C., 2018, *Zelené dějiny světa: Životní prostředí a kolaps velkých civilizací*. Karolinum, 478 stran
- Procházka a kol. (2017) Land cover effect on water discharge, matter losses and surface B 358.
- Ripl, W., (1995) Management of water cycle and energy flow for ecosystem control: the energy-transport-reaction (ETR) model. *Ecological Modelling* 78, 61 – 76
- Ripl, W., (2003) Water the bloodstream of the biosphere. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 358. 1921 - 1934
- Salati, E., Dall'Olio, A., Matsui, E., Gat, J. R. (1979) Recycling of water in the Amazon Basin: An isotopic study. *Water Resources Research* 15 (5): 1250–1258 <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/WR015i005p01250> 10.]
- Savenije, H. H. (1995) New definition for moisture recycling and the relationship with land-use changes in the Sahel. *J. Hydrol* 167: 57–78 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/002216949402632L>
- Schneider, E.D., Sagan, D. (2005) *Into the Cool, Energy Flow Thermodynamics and Life*, The University of Chicago Press, 362 pp
- Seják, J., Pokorný, J., Seeley, K., Skene, K.R. (2022) Why ecosystem services should be counter balanced by nature's thermodynamic costs, *Ecosystem Services* 57, 101469
- Sheil D.F. (2018) Forests, atmospheric water and an uncertain future: the new biology of the global water cycle. *Forest Ecosystems*, 5: 19. DOI: 10.1186/s40663-018-0138-
- Trenberth, K. E. (2022) *The Changing Flow of Energy Through the Climate System* Cambridge University Press
- Úlehla, V. (1947) *Napojme prameny: O utrpení našich lesů. Život a práce*, Praha
- van der Ent, R.J., Savenije, H.H.G., Schaefli, B., Steele-Dunne, S.C., (2010) Origin and fate of atmospheric moisture over continents. *Water Resour. Res.* 46, W09525. doi:10.1029/2010WR009127.
- Van Dijk A.I.J.M., Keenan R.J., (2007) Planted forests and water in perspective, overview. *Forest Ecology and Management* 251, 1 – 9
- van Wees, D., van der Werf, G.R., Randerson, J.T., Andela, N., Chen, Y., Morton, C.D. (2021) The role of fire in global forest loss dynamics, *Global Change Biology*, 2377 – 2391 DOI: 10.1111/gcb.15591
- Wild, M. (2020) "The global energy balance as represented in CMIP6 climate models." *Climate Dynamics* 55.3 (2020): 553-577.
- Wulf, A., (2016) *Vynález přírody, Dobrodružství zapomenutého objevitele Alexandra von Humboldta*, Knihy Omega, 530 s.

VODNÍ REŽIM LESNÍHO POROSTU, INTERAKCE PŮDA-DŘEVINA-ATMOSFÉRA

doc. Ing. Radek Pokorný, Ph.D.

Ústav zakládání a pěstění lesů, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně;
radek.pokorny@mendelu.cz

Vodní režim lesního porostu je složitým procesem, který zahrnuje interakce mezi půdou, dřevinami a atmosférou. Tento režim má významný vliv na růst a zdravotní stav lesů, a je důležitým procesem na úrovni lesního ekosystému i krajiny ve spojení s transportem energie a látek.

Úvodem – významné a výjimečné vlastnosti vody

Voda se na naší planetě vyskytuje v dostatečném množství, díky teplotním a tlakovým poměrům prostředí ve všech jejích skupenstvích (pevné – kapalné – plynné). Je nezbytnou součástí všech živých organismů. Je svými fyzikálními a chemickými vlastnostmi unikátní látkou. Je například výhodným rozpouštědlem pro její polární charakter, což je obzvláště důležité při minerální výživě. Voda, respektive oxid vodný, je sloučeninou kyslíku s dvěma atomy vodíku, kdy kyslík je elektronegativní a vodíkové atomy jsou pozitivní. V důsledku toho má molekula vody zjevnou polaritu náboje. Kladné vodíky jsou elektrostatickými silami vázány ke kyslíkům dalších molekul, a tak vznikají vodíkové vazby s vazebnou energií kolem 20 kJ mol^{-1} . (Led je vlastně struktura vody, ve které jsou všechny molekuly k sobě vázány vodíkovými vazbami.) Voda má extrémně vysokou hodnotu tzv. dielektrické konstanty. Vysoká dielektrická konstanta roztoku přitom značně snižuje hodnoty elektrických sil mezi nabitými rozpuštěnými látkami. To umožňuje vyšší koncentraci iontů v roztoku, což je velice výhodné pro transport a akumulaci nabitých částic v buňce. Energetické vazby mezi vodou a nepolárními molekulami jsou slabé v porovnání se silami vodíkových vazeb. To znamená, že nepolární látky se ve vodě moc dobře nerozpouštějí. Ve vodném prostředí mohou látky jako jsou proteiny, fosfolipidy, tedy látky, které jsou jak nepolární, tak mají polární oblasti svých molekul, agregovat a tvořit micely. V micelách jsou nepolární oblasti v centru a nabitě části jsou vně a reagují s vodou. Speciální situace nastává u vody, která je složena z elektricky neutrálních molekul. Ve vodě rozpuštěné částičky se nazývají osmotikem a jejich efektivní koncentrace se nazývá osmolalitou. *Voda teče spontánně jen z místa s vyšším (pozitivnějším) vodním potenciálem do místa s nižším (negativnějším) vodním potenciálem.*

Mezi-molekulární síly vody jsou příčinou koheze (soudržnosti). Reakce mezi roztokem a pevnou částí stěn vodivých elementů - kapilár se nazývají adheze (přilnavost). Stěny těchto vodivých elementů rostlin jsou tvořeny hlavně celulózou, která se vyznačuje velice vhodnou smáčivostí. Je-li kapilára o malém poloměru vnořena do roztoku vody, pak v důsledku kohezních sil vniká do kapiláry vodní sloupec. Ten má v důsledku gravitace tendenci z kapiláry vytéct, ale v důsledku dobré smáčivosti celulózních stěn a silné adheze vody k těmto stěnám jsou kraje tohoto sloupce vyzdviženy, přestože vznikne malý pokles hladiny konce vodního sloupce v kapiláře (typický meniskus). Výška vzestupu vodního sloupce závisí především na poloměru kapiláry. Uvažujeme-li, že poloměr xylémové cévy je $20 \mu\text{m}$, pak vzestup vodního sloupce v cévě způsobený kapilární elevací činí $0,75 \text{ m}$. To by stačilo k dosažení vhodné transportní výšky u bylin. U dřevin pro dosažení výšky např. 30 m , bychom potřebovali poloměr cévice $0,5 \mu\text{m}$, aby bylo možné pouze na základě kapilární elevace této výšky dosáhnout. Takovéto poloměry cév však nejsou reálné. To znamená, že kapilární elevace nemůže být hlavní příčinou vzestupu vodního sloupce vodivého systému do požadovaných výšek. Mimoto vodivé elementy rostlin nejsou na konci otevřeny volnému prostoru, jako je tomu při vysvětlení pokusu s kapilárou. Buněčné stěny buněk tvořících vodivý systém jsou však protkány sítí malých kanálků, jako prostorů vzniklých v celulózové matrix mezi jednotlivými vodivými vlákny. Tyto kanálky mají poloměr okolo $5\text{-}10 \text{ nm}$. Mohou tedy potenciálně zvednout vodní sloupec až do výšky 3 km , což přesahuje potřeby jakékoliv rostliny. Buněčná stěna tedy funguje jako velice efektivní knot, který způsobuje značný vzestup vody (Marek 2002).

Energie nutná k oddělení molekuly vody z roztoku a jejímu přechodu do plynné fáze se nazývá výparným teplem. Hodnota tohoto tepla pro vodu je nejvyšší pro všechna známá rozpouštědla. Při $20 \text{ }^\circ\text{C}$ je potřeba energie na výpar gramu vody $2,45 \text{ kJ}$. *To znamená, že výparem vody je odváděno teplo dodané rostlině zářivou radiací Slunce. (Rostlina je totiž z fyzikálního pohledu tzv. absolutně černým tělesem.)*

Voda je nestlačitelná, a tudíž příjem vody způsobuje expanzi buňky působením hydrostatického tlaku, který napomáhá i mechanické podpoře rostliny. Je vhodné médium pro tepelnou regulaci rostlin, neboť má vysokou tepelnou kapacitu, vysokou tepelnou vodivost a vysoké teplo potřebné k výparu. Je dobře prostupná pro viditelné světlo, což umožňuje penetraci zářivé energie Slunce k chloroplastům jinak obklopeným vodním prostředím uvnitř buňky. Je zdrojem kyslíku a vodíku pro fotosyntézu. Zcela zásadní pro funkci všech buněk je pak tvorba adenosintrifosfátu (ATP) dehydratačním procesem z ADP uskutečňujícím se ve vodním prostředí za biologických podmínek. Význam ATP spočívá poté v tom, že při jeho zpětném rozkladu na adenosindifosfát (ADP) a fosfát (P_i) dochází k uvolnění značného množství energie. *Tato energie se využívá téměř ve všech typech buněčných pochodů.*

Zásady pohybu vody v kontinuu půda-dřevina-atmosféra

Vzhledem k tomu, že u rostlin nejsou známy jakékoli aktivní vodní pumpy, musí existovat mechanismus, který je příčinou toku vody do rostliny a pohybu vody v rostlině. Důležitou úlohu zde mají polopropustné biomembrány, které jsou příčinou toho, že všechny složky vodního potenciálu se mohou podílet na pohybu vody. Základem pohybu vody mezi půdou – rostlinou – atmosférou zajišťuje rozdílnost vodních potenciálů v daném prostředí. Příjem vody kořeny, vedení rostlinou k listům a její výdej v podobě vodní páry (transpirací) jsou spojené procesy tvořící vodní bilanci rostliny. Hlavní silou pro výpar vody z rostliny je deficit vodních par v ovzduší, daný teplotou, vlhkostí a tlakem vzduchu. Rostliny umí absorbovat vodu svým povrchem, ale hlavní část vody přichází z půdy. Obsah vody v půdě, která je vodou saturována po průchodu vody gravitační se nazývá polní kapacita, kdy hlavní část tvoří voda kapilární – rostlinám volně dostupná. Rostlina získává vodu z půdy jedině tehdy, když je vodní potenciál jemných kořenů více negativní, než je potenciál v půdě a v půdním roztoku. Rychlost absorpce vody je tím rychlejší čím větší je absorpční povrch. Koncentrace buněčného roztoku uvnitř kořenových buněk je dostatečně silná na to, aby vodní potenciál byl dost negativní vzhledem k situaci v půdě, takže voda teče do kořenů. Polní plodiny dosahují potenciálu hodnot kolem -10 až -20 barů, lesní dřeviny asi -30 barů. Uvnitř rostliny se voda pohybuje podél gradientu vodního potenciálu prostřednictvím difúze (transport na krátké vzdálenosti) a prostřednictvím kondukce a objemového toku v xylému (transport na dlouhé vzdálenosti). *Rostlina v podstatě přemostuje gradient vodního potenciálu mezi půdou a atmosférou.*

Základním místem výparu vody z listu je bezprostřední okolí průduchu - stomatální dutiny. U cévnatých rostlin je hlavní složkou transpirace stomatální transpirace, která je vlastně fyziologicky řízena. Mimo této složky se vyskytuje transpirace kutikulární a peridermální. Tyto složky nejsou fyziologicky regulovatelné, jsou v podstatě závislé pouze na příkonu tepelné radiace. *Na rozhraní „porost-přízemní vrstva atmosféry“ dochází k turbulenci, promíchávání vzduchu a komunikaci prost – atmosféra přes odpor hraniční vrstvy vzduchu, která se tvoří při povrchu listů či jehlic.* Tloušťka této vrstvy je tím více zeslabována, čím rychleji v okolí proudí vítr. *Z těchto důvodů jsou listy (jehlice, letorosty) dřevin v porostech velice silně „spřaženy“ s atmosférou, která obklopuje listy.* Dokonalé spřažení vede k absolutní výměně - teploty a vlhkosti vzduchu, vodního sytostního deficitu a koncentrace CO_2 mezi povrchem listu a okolní atmosférou. To znamená, že podmínky na povrchu listu jsou naprosto shodné se stavem vzduchu v bezprostředním okolí listu. Tohoto stavu je dosaženo pouze tehdy, je-li list velmi dobře ventilován (vysoká aerodynamická drsnost porostu) a má-li velice tenkou hraniční vrstvu vzduchu na svém povrchu. Naproti tomu list, který je izolován od proudícího vzduchu, má silnou hraniční vrstvu. Protože teplo a vodní pára jsou neustále dodávány do vzduchu v okolí izolovaného listu a CO_2 je z tohoto vzduchu odebírán procesy fotosyntézy, musí teplota a vlhkost této vzduchové vrstvy stoupat. Rozeznat lze tak transpiraci vynucenou a rovnovážnou (u více izolovaných listů). Míra onoho spřažení je přitom silně závislá na zmíněné rychlosti proudění větru. Ve směru k bázi koruny klesá v porostu rychlost proudění větru a listy/jehlice jsou tudíž méně spřažené s okolní atmosférou. *Transpirace a fotosyntéza jehlic spodních korunových zón je tedy řízena jiným mechanismem než transpirace a fotosyntéza svrchní korunové zóny.*

Vodní režim porostu a efektivita využití vody

Vodní režim porostu či jeho vodní bilance závisí zjednodušeně na stanovištních podmínkách a struktuře porostu. K půdě se srážky dostanou jejich propadem přes korunovou vrstvu a stokem po kmeni. Z půdních podmínek je vodní režim porostu ovlivňován vedle orografie terénu samozřejmě strukturou, fyzikálními a chemickými vlastnostmi půdy, především pórovitostí, skeletnatostí, hloubkou hladiny podzemní vody, prokořeněním, obsahem organických látek, formou povrchového humusu, schopností nasakovat a zadržovat vodu. Různé

druhy půd mají různou schopnost vodu udržovat. Půda může být písčité, jílovité, hlinitá apod., což ovlivňuje, jak rychle nebo pomalu se voda vsakuje do půdy a je dostupná pro rostliny. Množství vody v půdě se mění v závislosti na srážkách, vypařování a odběru vody rostlinami. V normálovém období je „vodní systém“ v půdě propojený, to znamená že se propojuje voda vzlínající směrem vzhůru z hadiny podzemní vody a zasakující po srážce do spodních vrstev. Při déle trvajícím či opakujícím se suchu však může dojít k rozpojení tohoto systému, k čemuž nedávno v opakujících se suchých letech od r. 2015 a zvláště 2018-2022 v ČR došlo (www.chmi.cz). Hladina podzemní vody klesla i o několik metrů (například v oblasti Brno - Křtiny za posledních pět let o 1-4 m). Rostlinám potom musí stačit pouze voda srážková. Rostliny odebírají vodu z půdy kořeny a vypařují ji z listů prostřednictvím transpirace. Tímto způsobem rostliny získávají vodu a živiny, ochlazují se, a také zpětně ovlivňují obsah vlhkosti v půdě.

V lesním porostu o dostupnou vodu soupeří různé druhy dřevin. Některé druhy mají kořeny hlubší a mohou dosáhnout na vodu hlouběji v půdě, což ovlivňuje konkurenceschopnost s ostatními druhy. Spodní hranici prokořenění často ovlivňuje neprostupnost podloží či hladina podzemní vody. Z našich dřevin, pouze kořeny olše vrůstají do vody. Přes hydrologický lift jsou si schopny různě hluboko kořenící dřeviny také vzájemně pomáhat (Šach a Černohous 2015). Kořeny různých jedinců, především stejných druhů dřevin, jsou schopny vzájemně srůstat. *Kořeny jsou schopny i vzlaku vody*, na základě aktivního příjmu a následného vytlačení dřevními cévami do vyšších pater rostliny. Tento způsob je pomalejší než transpirace a vyžaduje energii. Uplatňuje se, když rostlina netranspiruje, např. na jaře nebo při vysoké vzdušné vlhkosti (Procházka a kol. 1998).

Na množství disponibilní vody v půdě pro rostliny má vliv množství srážek či přítoku na jedné straně a odebírané množství vody z půdy transpirací (volný výpar a odtok opomeňme), v zásadě struktura porostu, na straně druhé. Část srážek se totiž díky tzv. skropnému množství vody zachycené na povrchu vegetace (intercepci) k půdě vůbec nedostane. Největší záchytnou plochu tvoří listoví, proto je mezi hodnotou intercepce a velikostí listové plochy (indexem listové plochy, LAI) téměř přímá úměra. Samozřejmě, že záleží na intenzitě a délce trvání deště v průběhu růstové sezóny, ale v průměru je intercepce (v %) ca 3,6 násobkem hodnoty LAI. Listnáče mají obecně LAI v průměru (\pm SD) 4,02 (\pm 2,44), jehličnany 5,18 (\pm 3,22), smíšené porosty 4,23 (\pm 1,99), jak uvádí například Parker (2020). Čisté porostní srážky ve srovnání s volnou plochou nejsou jen ochuzeny o ztrátu intercepce, ale i obohaceny – stokem vody po kmeni stromů. Zvláště stromy s metlovitou korunou a hladkou kůrou působí jako nálevky a stok může dosahovat například u buku v průměru ca 15 – 18 %, u smrku jen 1 – 2 % (ze srážek volné plochy; Tlapák et al. 1992).

„Svatým grálem“ pro budoucí klimatické podmínky s většími požadavky na výpar (dáno vyšší teplotou vzduchu a jeho nižší vlhkostí) je v hospodářských lesích hledání dřevin s vysokou účinností využití vody ve vztahu k produkci biomasy. Účinnost využití vody (WUE – water use efficiency) je měřítkem toho, jak efektivně rostlina nebo strom využívá dostupnou vodu. Běžně se vypočítá jako poměr vyprodukované biomasy na jednotku spotřebované vody. Jednotky WUE proto kvantifikují přírůstek v gramech nebo v tzv. výčetní kruhové základně (plocha průřezu kmenů v 1,3 m nad povrchem půdy) nebo přímo v přírůstku tloušťky či objemu kmene. Běžně používané lesnické jednotky na spotřebované množství vody v litrech nebo kilogramech tedy jsou: $g \cdot l^{-1}$, $mm^2 \cdot l^{-1}$ atd. Množství spotřebované vody lze kvantifikovat mnoha relevantními metodami se specifickou instrumentální náročností a přesností (např. Čermák et al. 2004). WUE se u různých druhů dřevin značně liší, což odráží jejich adaptaci na různé podmínky prostředí. Například dřeviny adaptované na suché prostředí mají často vyšší WUE než dřeviny ve vlhčím prostředí. Je to proto, že tyto stromy si vyvinuly strategie, jak maximalizovat růst a zároveň minimalizovat ztráty vody, jako je menší velikost listů, menší počet průduchů, hlubší kořenový systém atd. V podmínkách globální změny klimatu a čtenějšího a extrémnějšího sucha by měly být upřednostňovány právě stromy s vysokou hodnotou WUE.

Zde je několik zobecnění vyplývajících ze srovnání různých druhů stromů: 1) Jehličnany (např. borovice, smrky, jedle) dosahují obecně poměrně vysokých hodnot WUE, jejich jehlicovité listy s tlustou voskovitou kutikulou a méně průduchy snižují ztráty vody. 2) Listnáče (např. javory, duby, břízy) mají obvykle nižší WUE než jehličnany (nebo stálezelené listnáče), protože jejich větší a tenčí listy ztrácejí vodu transpirací více. Vynahrazují to však tím, že mají vyšší rychlost fotosyntézy, pokud je voda k dispozici. 3) Mezi listnatými stromy mají ty, které jsou přizpůsobeny suššímu prostředí (jako mnohé duby), často vyšší WUE než ty, které jsou přizpůsobeny vlhčímu prostředí. Obdobně se však může při déletrvajících přísuších přizpůsobit i smrk (Zavadilová et al. 2023). V našem experimentu redukce podkorunových srážek (o ca 30 %) byli schopni mladí

jedinci smrku (30 let) ve vrchovinné oblasti po necelých 10 letech stále přežívat, svými průduchy rychleji reagovat na změny počasí, rychleji zotavovat po přísušku a dosahovat při nižší transpiraci ještě srovnatelné produkce jako jedinci v dané oblasti nestresovaní.

Je nutné si tak uvědomit, že výše uvedená zobecnění nejsou pravidlem a skutečná WUE se může v rámci těchto skupin dřevin lišit v závislosti na konkrétním ekotypu, místním mezoklimatu, půdních podmínkách a dalších faktorech prostředí. Bohužel nejsou k dispozici přehledné číselné hodnoty, které by univerzálně kvantifikovaly WUE pro různé druhy dřevin, ač může být tento přehled hodnot WUE velice užitečný pro budoucí doporučení vhodné druhové skladby dřevin pro dané stanoviště. Jedná se o oblast, která je velmi náročná na výzkum.

Změna klimatu souvisí se zvýšenou koncentrací CO₂ v ovzduší, která vede ke:

Zvýšení rychlosti fotosyntézy: Více CO₂ v atmosféře podporuje rychlost fotosyntézy, zejména u C3 rostlin (mezi které patří většina našich druhů dřevin), což vede k rychlejšímu růstu. To se často označuje jako hnojení CO₂. Na druhou stranu dochází k limitaci fotosyntetické kapacity díky chybějícímu spotřebiči a výskytu tzv. aklamační deprese fotosyntézy (Špunda et al. 2005).

Snížení transpirace: Zvýšený obsah CO₂ způsobuje, že rostliny částečně uzavřou své průduchy, což je hlavní způsob, jakým rostliny ztrácejí vodu. To může snížit transpiraci, a tím zvýšit WUE. Dlouhodobý efekt CO₂ však vede nejen k fyziologickým změnám, ale také k anatomickým a morfologickým u jednotlivých orgánů rostliny, což se projevuje snížením počtu průduchů na jednotku plochy listu, na druhou stranu zvětšením listové plochy (takže se efekt může zhruba vyrovnat a výparná plocha se nezmění) atd.

Zvýšení tvorby biomasy: Díky zvýšené rychlosti fotosyntézy a snížené respiraci dochází k nárůstu biomasy nadzemní i podzemní, v rámci ní pak především biomasy jemných kořenů zabezpečujících zásobování dřevin vodou a živinami. Ztráty vody transpirací jsou závislé na podílu fyziologické a morfologické změny; mohou být rozdílné v normálových podmínkách i při přísušku. Produkce biomasy na jednotku spotřebované vody je potenciálně vyšší, a tím i WUE. Je však důležité poznamenat, že tyto účinky nejsou přímočaré. Některé studie zjistily, že zatímco vyšší koncentrace CO₂ může zpočátku zvýšit růst rostlin a WUE, tyto účinky se mohou v čase měnit, protože se projeví omezení živinami nebo jinými faktory (zákon minima). Účinek zvýšené koncentrace CO₂ v ovzduší může při vyšší přivřenosti průduchů vést také k vyšším teplotám listů, což by mohlo potenciálně znovu zvýšit nároky na ochlazování transpirací (Urban 2003).

Závěrem

Voda hraje v klimatickém systému Země klíčovou roli umožňující podmínky pro život. Změna klimatu, jako odchylka od dlouhodobého normálu posledních několika tisíc let, bude díky tepelné kapacitě, respektive setrvačnosti oceánů, pokračovat, i při omezení emisí skleníkových plynů, zřejmě několik dalších století (Marek et al. 2011). Její trend vývoje v čase lze však díky predikcím ve změnách oblačnosti, sněhové pokrývky, mořským a oceánickým prouděním předvídat jen s jistou mírou pravděpodobnosti. Krátkodobé předpovědi (v řádu 10, 30 let) deklarují oteplení a setrvalost nebo dokonce mírný nárůst srážek, ty dlouhodobější (50 – 100 let) obdobné oteplení o 2 – 4 °C a kromě redistribuce srážek dokonce jejich pokles (www.chmi.cz). Voda bude zejména pro kontinentální oblasti, jako je Česká republika, nedostatkovým „artiklem“ nejen pro rostliny. V rámci adaptačních opatření v lesnictví (Čermák et al. 2016), je tak trend v zavádění opatření pro zlepšení vodní bilance lesních porostů i krajiny logickým důsledkem (Pokorný 2021, 2022). Dřeviny jsou schopny se na změny prostředí adaptovat. Tyto adaptační mechanismy nejsou zohledněny v predikcích změn rozšíření, stavu a produkce dřevinné vegetace; jsou příliš složité, dějí se na mnoha úrovních a v jistém časovém sousledu. I přes schopnost rostlin se adaptovat, je rychlost adaptací na úrovni lesního ekosystému pro dlouhověkost, či schopnost genetické reprodukce, rychlost šíření jednotlivých druhů dřevin, poměrně pomalá; těsnou souslednost v rychlosti změn stanovištních podmínek s adaptací vegetace, i v kontextu šíření nemocí, chorob, škůdců aj., tak zřejmě nelze plně předvídat. Asistovaná introdukce dřevin s vysokou hodnotou WUE a tolerancí k suchu především v nižších polohách bude nutností.

Poděkování

Príspevek vzniknul za podpory projektu NAZV QK21010198 Adaptace lesního hospodářství pro udržitelné využívání přírodních zdrojů.

Použitá literatura

Čermák J., Kučera J., Nadezhdina N., 2004. Sap flow measurements with some thermodynamic methods, flow integration within trees and scaling up from sample trees to entire forest stands. *Tree Structure and Function* 18 (5): 529-546.

Čermák P., Zatloukal V., Cienčila E., Pokorný R. et al., 2016. Katalog lesnických adaptačních opatření. Mendelova univerzita v Brně, 152 s.

Marek M.V., 2002. Fyziologie rostlin pro lesníky. LDF Mendelu v Brně, Centrum výzkumu globální změny AV ČR, 147 s.

Marek M.V. et al., 2011. Uhlík v ekosystémech České republiky v měnícím se klimatu. Praha: Academia, 255 s. ISBN 978-80-200-1876-2.

Parker G.G., 2020. Tamm review: Leaf Area Index (LAI) is both a determinant and a consequence of important processes in vegetation canopies. *Forest Ecology and Management* 477, DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118496

Pokorný R., 2021. Les a lesní hospodářství v ČR pod vlivem klimatické změny. In: Fanta J., Petřík P. (eds.). Jiné klima – jiný les. Academia, Průhledy sv. 19, 210 s. ISBN 978-80-200-3300-0

Pokorný R., 2022. Krajina a voda v době klimatické změny. In: Cílek V., Polívka M., Vacek Z. (eds.). Český a moravský les. Jeho počátky, současný stav a výhled do budoucnosti. Dokořán, s.r.o., 463 s. ISBN 978-80-7675-041-8.

Procházka S., Macháčková I., Krekule J., Šebánek J. a kol., 1998. Fyziologie rostlin. Academia Praha, 484 s. ISBN 80-200-0586-2.

Šach F., Černošous V., 2015. Hydraulický lift buku pro smrk: potenciálně významný ekosystémový proces pro pěstování smrkových porostů v souvislosti s klimatickou změnou oteplování. *Zprávy lesnického výzkumu* 60 (1): 53-63.

Špunda V., Kalina J., Urban O. et al. 2005. Diurnal dynamics of photosynthetic parameters of Norway spruce trees cultivated under ambient and elevated CO₂: the reasons of midday depression in CO₂ assimilation. *Plant Science* 168 (5): 1371-1381.

Tlapák V., Šálek J., Legát V., 1992. Voda v zemědělské krajině. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda, 320 s. ISBN 80-209-0232-5.

Urban O., 2003. Physiological impacts of elevated CO₂ concentration ranging from molecular to whole plant responses. *Photosynthetica* 41 (1): 9-20.

Zavadilová I., Szatniewska J., Petrik P., Mauer O., Pokorny R., Stojanovic M., 2023. Sap flow and growth response of Norway spruce under long-term partial rainfall exclusion at low altitude. *Frontiers in Plant Science* 14: 1-13, article no.: 1089706, DOI 10.3389/fpls.2023.1089706

LESNICKÉ MELIORAČNÍ OKRSKY, JEJICH PŮVOD A POJETÍ RÁMOVANÉ OBLASTNÍMI PLÁNY ROZVOJE LESŮ

Ing. Vratislav Mansfeld, Ph.D.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Výzkumná stanice Opočno

Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem; mansfeld@uhul.cz

Úvod

Aktuální lesnické trendy v obhospodařování lesů, umocňovány extrémními projevy klimatické změny, vyžadují přehodnotit přístupy k hydrologii lesních stanovišť. Předchozí lesnická meliorační opatření byla zaměřena na snížení negativního vlivu vysoké hladiny podzemní vody v lesích. Nově je kladen důraz na retenci a akumulaci vody lesními porosty. Původní metodika týkající se hydromelioračních okrsků (NAVRÁTIL et al. 2012) tento požadavek řešila částečně. Meliorační průzkum se zaměřoval především na inventarizaci hydromelioračních okrsků.

Jak bylo uvedeno, lesnickou hydrologii je nutné chápat odlišným způsobem, než jak tomu bylo v minulosti. Z dané situace je zřejmá poptávka po novém pojetí lesnických meliorací. Tento směr je vhodné uchopit pomocí lesnického hydrologického generelu. *Oblastní plány rozvoje lesů (OPRL)*¹ prostřednictvím *lesnických melioračních okrsků (LMO)* nabízí východisko k naplnění zmíněné poptávky. Současně je nutné připomenout, že při obhospodařování lesů je nutné jednotlivá opatření pěstební činnosti posuzovat v širším měřítku krajinných celků. Předkládané pojetí LMO, které bylo vyvinuto projektem podporovaným MZe², navazuje na pozitivní výsledky předchozího melioračního šetření realizovaného v OPRL.

Koncept začlenění nově pojatého melioračního šetření v OPRL

Prostřednictvím *Lesnicko-typologického klasifikačního systému lesů* jsou vylišena vodou ovlivněná stanoviště a na tomto podkladu mapovány jednotlivé LMO. Kromě přírodních podmínek volbu konkrétních opatření na podporu hydrologického potenciálu lesních porostů ovlivňuje jejich stav, druhová skladba a jejich funkční zaměření. Hydrologický potenciál lesních porostů na daném stanovišti je chápán jako jeho maximálně reálný efekt (pozitivní účinek) s ohledem na odpovídající typ managementu lesů. Předkládaný koncept, implementace melioračního šetření do OPRL, je založen na ekologických základech usilující současně o ochranu a podporu obnovy přirozeného vodního režimu v lesích.

Opatření pro podporu retence a akumulace vody v lesích jsou v OPRL řešena na úrovni:

- Rámcové, s odkazem na *rámcové směrnice hospodaření (RSH)* prostřednictvím *cílového hospodářského souboru (CHS)*. Daná problematika je chápána v širším kontextu lesních porostů, s přesahem i mimo les (význam lesů pro krajinu).
- Lokální, která jsou uplatněna na daném LMO a jsou podkladem pro navazující detailní projektovou činnost a hospodářská opatření.

Na každé úrovni jsou k dispozici doporučení zaměřená na posílení retenční kapacity lesních stanovišť prostřednictvím optimalizace managementu hospodaření v lesích se specifickým (nadlimitním) vodním režimem lesních půd. Aktualizované meliorační šetření v OPRL podporuje obnovu a revitalizaci přirozeného vodního režimu v lesích, retenci vody v lesích, optimalizaci biologických a technických postupů hydromeliorací a navržení odpovídajících pěstebních opatření. Vhodně zvolenými opatřeními pro optimalizaci retenčního a

¹ OPRL jsou zakotveny v § 23 odst. 1 zákona č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů. Jejich vyhotovení a náplň vymezuje vyhláška č. 298/2018 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a vymezení hospodářských souborů.

² Projekt QK21020386 „*Kategorizace a optimalizace managementu melioračních okrsků pro zvýšení retenční funkce lesa*“, podpořený Ministerstvem zemědělství prostřednictvím Národní agentury pro zemědělský výzkum.

akumulačního potenciálu LMO lze pozitivně podpořit hydrické a klimatické funkce lesních porostů i mimo vylišené LMO.

Obě úrovně se logicky propojují a doplňují. CHS je chápán jako základní dlouhodobá plánovací jednotka hospodaření v lesích. Je založen na ekologickém pojetí obhospodařování lesů, protože je tvořen na úrovni souboru lesních typů a případných podsouborů. CHS zastřešuje spektrum potenciálních opatření na LMO, které jsou v něm vymezeny. Takto stratifikované informace LMO poskytují pro konkrétní RSH přehled o stanovištích ovlivněných vodou z hlediska retence a akumulace. Získané výsledky lze použít při tvorbě porostních typů (HS³ daného CHS) a pěstebních doporučení v RSH.

Přehled rámcových opatření doporučených pro jednotlivá CHS

- I. Podporovat rozšíření lesa v oblastech náchylných k vysokým teplotám a s nízkou lesnatostí.
- II. Hydrické řady, které nepokrývají CHS ze 100 % - zvýšení infiltrace a retence na vodou ovlivněných stanovištích.
- III. Úprava zápoje (rozvolnění) porostů (vyšší ukládání sněhu) a zastoupení jehličnanů (zpomalení odtávání sněhu) v horských polohách.
- IV. Omezení pěstování smrku na stanovištích ohrožených primárními hnilobami – zejména na bývalých zemědělských půdách a na bohaté ekologické řadě.
- V. Podpora akumulační funkce lesů v luzích.
- VI. Optimalizace zastoupení smrku ztepilého v nižších polohách především ve 3. a 4. lesním vegetačním stupni (výsadby, výchova a rekonstrukce).
- VII. Preference porostů, ve kterých jedle bělokorá je porostotvornou dřevinou.
- VIII. Nízký a střední les jako alternativa k ostatním hospodářským tvarům dle vyhlášky č. 298/2018 Sb.
- IX. Aplikace doporučeného podílu MZD dle vyhlášky č. 298/2018 Sb. v cílové dřevinné skladbě LMO.
- X. Podpora více etážových porostů za účelem zvýšení jejich celkové intercepce a evapotranspirace.

CHS	Název	Opatření
13	Přírozená borová stanoviště (a stanoviště borových doubrav)	I, II (00, 00, 0Q), VI, VIII, IX
19	Přírozená lužní stanoviště (nižších poloh)	V, VI, VIII, IX, X
21	Exponovaná stanoviště nižších poloh	I, VI, VIII
23	Kyselá stanoviště nižších poloh	I, VI, VIII
25	Živná stanoviště nižších poloh	I, II (1V, 2V 2O), IV, VI, VIII, IX, X
27	Oglejená chudá stanoviště nižších a středních poloh	VI, VII, VIII, IX
29	Olšová a jasanová stanoviště na podmáčených a lužních půdách	V, VI, VIII, IX
39	Chudá podmáčená stanoviště nižších a středních poloh	VI, VII, IX
41	Exponovaná stanoviště středních poloh	II (3U7), VI, VII, VIII, IX
43	Kyselá stanoviště středních poloh	I, VI, VIII
45	Živná stanoviště středních poloh	I, IV, VI, VIII, X
47	Oglejená stanoviště středních poloh	VI, VII, VIII, IX
51	Exponovaná stanoviště vyšších poloh	II (5U7), VII,

³ V rámci CHS jsou oblastními plány rozvoje lesů vymezeny hospodářské soubory (HS) s ohledem na hlavní hospodářskou dřevinu a s odkazem na perspektivní typ cílového hospodářství vymezený provozním souborem.

CHS	Název	Opatření
53	Kyselá stanoviště vyšších poloh	III, IV,
55	Živná stanoviště vyšších poloh	III, VII,
57	Oglejená stanoviště vyšších poloh	III, VII, IX
59	Podmáčená stanoviště středních a vyšších poloh	III, VII, IX
71	Exponovaná stanoviště horských poloh	III
73,75	Kyselá, živná stanoviště horských poloh	III
77	Oglejená stanoviště horských poloh	III, IX
79	Podmáčená stanoviště horských poloh	III, IX
01		II, VI, IX
02		III
03		+

Základním pravidlem retence a akumulace vody je její zadržování v půdách položených co nejvýše v povodí. Zpravidla se jedná o lesní porosty a jejich stanoviště. Lesy pozitivně ovlivňují výskyt pramenišť a podporují nasycení hlubších půdních horizontů vodou. Při dostatečném množství vody dochází k vodní dotaci potoků a přilehlých pozemků (pole, louky). Na tomto místě je nutné uvést, že proces zpomalení a transformace odtoku vody má podstatný význam pro její využití lesním ekosystémem. Při řešení hydrického režimu lesních stanovišť existuje řada faktorů, které mohou působit i protichůdně; lépe řečeno nabývají různých významů v jejich kombinaci v konkrétních podmínkách. Proto je nezbytné zmiňovaný přínos hydrologických funkcí lesů doplnit o skutečnost, že les se chová hydrologicky ambivalentně.

Přehled opatření doporučených pro LMO

Obhospodařování lesních porostů LMO (zahrnujících i péči o stanoviště se bude odvíjet od volby konkrétních opatření pro optimalizaci jeho retenčního a akumulačního potenciálu. V tomto ohledu lze na této úrovni popsat následující základní typy opatření:

- A. Pokračování ve stávajícím managementu
- B. Návrh biologických opatření
- C. Návrh technických opatření
- D. Návrh ostatních opatření, respektive přenechání prostoru pro uplatnění kompetencí orgánům ochrany přírody nebo vodohospodářů.
- E. Návrh kombinovaných opatření ve smyslu výše uvedených (B+C, D+B, D+C).

Podrobný popis charakteristik typů opatření na LMO je uveden v příslušné metodice a bude zakotven v pracovních postupech OPRL řešící danou problematiku. Zvolený typ opatření se vztahuje k hlavnímu (převažujícímu) managementu, který podrobněji popíše Ing. Robert Hruban v následujícím příspěvku.

OPRL obsahují výsledky melioračního šetření orientovaná na zlepšení hydrologických poměrů porostů a lesních stanovišť na daném LMO. Během terénního šetření jsou hodnocena rizika ohrožující hydrologický režim LMO. Výsledkem je doporučení ke správě lesních porostů na lokální úrovni. Hlavní prostor je dán biologickým opatřením. Jsou založena na předpokladu, že smíšený porost je zpravidla vhodnější než stejnorodý porost. V tomto přístupu rozhodující roli sehrává stanovištně vhodná dřevinná skladba. Upřednostňovány jsou domácí dřeviny. Kromě druhové pestrosti a bohaté struktury porostů je možné volit alternativní střední a nízký les. Z hlediska pěstebních postupů je doporučován les s volnějším zápojem (nižším zakmeněním), který vhodněji plní retenci a akumulaci vody. Je snaha podporovat stabilitu lesních porostů ve středních polohách a horských polohách; respektive tam, kde je možné zachytávat srážky a kde jsou prameny – vodní zdroje. Význam lesů stoupá v údolích, kde poskytují stín vodotečím a omezují půdní erozi. Současně je nutné pozornost věnovat pěstebním postupům šetrným k lesnímu stanovišti, technickým prvkům a navazující lesní dopravní síti.

Význam melioračních průzkumů

Na konferenci krajinných inženýrů ve Křtinách (MANSFELD 2023) bylo připomenuto, že klimatická změna je v Česku mimo jiné charakterizována zvýšením teplot a změnou distribuce srážek. Ve svém důsledku se tento proces projevuje nedostatkem vody ve svrchních půdních profilech, tzv. půdním suchem. Primárním cílem v české krajině je proto udržet vodu v půdě. Aktuální situace⁴ ve vztahu k extrémním projevům klimatické změny si žádá neodkladnou implementaci adaptačních opatření.

Dále bylo prezentováno, že v OPRL je garantován přenos adaptačních opatření ze strategických konceptů z úrovně národní do podmínek regionálního podrobného plánování. V OPRL jsou tyto informace součástí RSH, které jsou podkladem pro podrobné plánování (tvorba lesních hospodářských plánů a osnov). Informace z OPRL lze také uplatnit v dalších krajinných konceptech, nebo při tvorbě studií a územních plánů. Z hlediska přínosu lze aktualizovaný meliorační průzkum v OPRL charakterizovat takto:

1. Získání základního přehledu o stavu LMO, včetně posouzení rizik a následných doporučení. Tyto informace jsou technologií GIS přiřazeny ke každému LMO. Tyto podklady poskytují informace k tomu, aby bylo možné efektivně podpořit úsilí k podpoře retence a akumulace vody v lesích.
2. Výsledky melioračního šetření v OPRL umožní v delším časovém úseku sledovat trendy – vývoj v oblasti ochrany a obnovy přirozeného vodního režimu v lesích, včetně posílení retenční kapacity lesních stanovišť, a to optimalizací managementu hospodaření v lesích se specifickým (nadlimitním) vodním režimem lesních půd.
3. Zvolený koncept je založen na ekologickém základu, protože rozhodujícím okamžikem pro volbu adaptačních opatření jsou stanovištní podmínky, předpokládaný vývoj klimatu a stanovištně vhodná dřevinná skladba, která se vyznačuje vysokým zastoupením melioračních a zpevňujících dřevin.
4. Předkládaný lesnický hydrologický generel definuje základní typy managementu a jejich možné kombinace (propojení technických a biologických postupů). Ty jsou rozvedeny do podrobnějších dvaceti pěti doporučení.
5. Z hlediska společenské objednávky (poptávka po lesnických ekosystémových službách) je nutné připomenout realizaci adaptačních opatření. Tento proces musí být založen především na stanovištních, klimatických, porostních podmínkách a odpovídající cílové dřevinné skladbě.
6. Významné je zhodnocení prostředků vynaložených na monitoring lesních ekosystémů (OPRL, Národní inventarizace lesů, dálkového průzkumu lesů, databáze lesních hospodářských plánů a osnov...).

V neposlední řadě je nutno uvést, že koncept melioračního šetření v rámci OPRL zohledňuje kompetence a aktivity subjektů působících v lesnickém sektoru; zejména se jedná o ministerstvo životního prostředí (národní parky, Agentura ochrany přírody a krajiny), vodohospodáře a podporu rozhodovacích procesů regionální státní správy a samosprávy.

Jak bylo zmíněno, retence a akumulace vody v lesích zpracovaná prostřednictvím LMO v OPRL je pojímána na principu (lesnického) hydrologického generelu. Výsledky budou uspořádány v souvislém zobrazení (technologie GIS). Cílem je vytvořit databázi, která bude mít standardní podobu a následně ji bude možné uživatelům zpřístupnit v souvislém mapovém a databázovém zobrazení v rámci ČR. Kromě toho bude tomuto datovému zdroji zajištěna průběžná údržba a aktualizace.

Stávající výsledky melioračního šetření v OPRL jsou dostupné na webovém mapovém portálu ÚHÚL prostřednictvím mapových podkladů v měřítku 1:10 000. Další informace z výsledků melioračního šetření budou obsaženy v textových částech OPRL. Vedle toho se připravují speciální výstupy z ekosystémových analýz OPRL zaměřené na hodnocení LMO v lesích. Na základě toho bude možné posoudit, jak se vyvíjí podpora retenční funkce lesů.

⁴ Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR a Národní akční plán adaptace na změnu klimatu

Závěr

Retence a akumulace vody lze „zarámovat“ třemi tématy: péče o krajinu, péče o půdu a odpovídající obhospodařování lesů. Optimální plnění hydrických funkcí lesů je aktuálně ovlivněno probíhající klimatickou (enviromentální) změnou. Extrémní projevy klimatické změny, zvláště epizodické sucho a vlny veder, způsobují vysycháním malých vodních toků a deprivují suchem lesní ekosystémy. Kromě toho vodní režim lesních stanovišť je v řadě případů dotčen nevhodným odvodněním. Optimální hydrologické poměry v lesích jsou závislé na volbě technologie pěstebních činností; především pojezd těžké lesní techniky způsobuje utužení půdního horizontu. Negativní vliv na rychlý odtok vody z lesů mají špatně založené nebo neudržované lesní cesty. Protože klima nezměníme, je nutné pozornost věnovat lesnickým adaptačním opatřením, která musí být nedílnou součástí vhodné správy lesů.

Poděkování

Příspěvek vznikl díky prostředkům na výzkumný projekt QK21020386 „Kategorizace a optimalizace managementu melioračních okrsků pro zvýšení retenční funkce lesa“.

Citovaná literatura a zdroje

Mansfeld, V. 2023: *Význam a využití lesních melioračních okrsků pro zvýšení retenční funkce lesů*. In: ČSKI: Sborník příspěvků na konferenci Krajinné inženýrství 2023, 14. – 15. 9. 2023 v Kongresovém centru zámku ve Křtinách, s. 93–98, ISBN 978-80-7509-932-7

Navrátil, P. Mansfeld, V. Černošous, J. 2012: *Metodika mapování hydromelioračních okrsků*. Verze 05. Brandýs nad Labem: ÚHÚL. 2012. 22 s.

[1] https://www.mzp.cz/cz/adaptace_na_zmenu_klimatu

[2] <https://www.uhul.cz/portfolio/katalog-mapovych-informaci/>

[3] <https://www.uhul.cz/portfolio/oprl/>

MOŽNOSTI VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ ŠETŘENÍ LESNÍCH MELIORAČNÍCH OKRSKŮ – NA PŘÍKLADU MODELOVÝCH ÚZEMÍ

Ing. Robert Hruban

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Výzkumná stanice Opočno

Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem; hruban@uhul.cz**Úvod**

Lesnické meliorační okrsky (LMO) představují souvislé části lesních porostů se specifickým (nadlimitním) vodním režimem lesních půd. V těchto územích dochází k transformaci vody z místa její infiltrace do povrchového odtoku. Zároveň také představují vhodná území k biologickému nebo technickému řešení retence a akumulace vody v lesních povodích.

Terénní šetření LMO je postaveno na následujícím přístupu. Specialista bude mít k dispozici vrstvu vymezených LMO, která bude již v počátku opatřená sadou doplňujících informací (databáze). Specialista bude mít zároveň k dispozici terénní mapy. Po provedení terénního šetření na LMO provede specialista návrh opatření, při kterém bude vybírat podle připraveného zásobníku opatření podle konkrétní situace v daném LMO.

Vymezení LMO

Vymezení LMO je postaveno na lesnicko-typologickém klasifikačním systému (LTKS). K výběru jsou využity všechny segmenty LTKS z ekologických řad obohacená vodou, oglejená, glejová a rašelinná. Na základě převažujícího režimu podzemní vody je k segmentům LTKS podle edafické kategorie (EK) přiřazena tzv. **hydrická řada** (HrP – hydrická řada střídavě zamokřená /EK O,P,Q/, HrG – stagnující voda /EK G,T/, HrV – proudící svahová voda /EK U,V/, HrR – rašeliny /EK R/, HrL – lužní režim /EK L/. Na základě převažujícího lesního vegetačního stupně (LVS) je k segmentům LTKS přiřazen tzv. **vertikální stupeň** (I – nižší polohy /1. a 2. LVS/, II – střední polohy /3. a 4. LVS/, III – vyšší polohy /5. a 6. LVS/, IV – horské polohy /7. až 9. LVS/). Kombinací převažující hydrické řady a vertikálního stupně je ke každému LMO přiřazena tzv. **hydrická jednotka**, celkem je vymezeno 20 typů (např. III-HrP představuje okrsek se střídavě zamokřeným vodním režimem ve vyšších polohách). Celkový počet LMO je cca 165 000 (všech velikostí).

Vzhledem k vysokému počtu LMO bylo přistoupeno k určité diferenciaci LMO z hlediska tvaru a velikosti. LMO jsou dle svého tvaru rozděleny na plošné a liniové. Každý LMO má z hlediska své plochy přiřazen atribut malý (< 5 ha) nebo velký (>= 5 ha). V rámci terénního šetření budou prioritně ověřovány plošné a zároveň velké LMO. Celkový počet LMO k terénnímu prošetření a dalšímu návrhu opatření je cca 11 600. Ostatní okrsky jsou považovány za méně prioritní, přesto ale nebudou v následujících analýzách vynechány.

K vymezeným LMO jsou následně připojeny doplňující údaje. Z databáze vrstvy lesnické typologie je ke každému LMO připojena informace o převažujícím cílovém hospodářském souboru (CHS), LVS a příslušnosti k přírodní lesní oblasti (PLO). Na základě CHS je stanoveno zařazení do provozního souboru (PS).

Z ostatních vrstev OPRL a dalších podkladů ÚHÚL jsou do databáze LMO připojeny následující údaje:

- převažující kategorie lesů v agregované podobě (VH - S důrazem na vodohospodářské funkce [31a, 31b], OP - Lesy v zájmu ochrany přírody [31 c, 32a], LO - Ostatní ochranné lesy [21a, 21b, 21c], ZU - Ostatní lesy zvláštního určení [32b, 32c, 32d, 32e, 32e, 32g, 32h], SD - Lesy se sdruženým veřejným zájmem (pokud se překrývají VH a OP nebo OP a OL) a HL - Hospodářské lesy.
- typ terénu (rovina, konkávní tvary, konvexní tvary)
- převládající skupina dřevin (0 - ostatní (neles), 1 – smrk, 2 – buk, 3 – borovice, 4 – dub, 5 - ostatní listnaté, 6 - ostatní jehličnaté – směs, 7 – kleč, 8 – kultura, 9 - těžba
- cílová druhová skladba
- pestrost smíšení dřevin (1 – nízká, 2. – střední, 3. – vysoká)
- odchylka od CDS (1 – nízká, 2. – střední, 3. – vysoká)
- výskyt stromů odumřelých a se zhoršeným zdravotním stavem (1. – nízký, 2. – střední, 3. – vysoký)

- výskyt holin (1. – nízký, 2. – střední, 3. – vysoký)
- kvantitativní hydrický potenciál (1. – nízký, 2. – střední, 3. – vysoký)
- kvalitativní hydrický potenciál (1. – nízký, 2. – střední, 3. – vysoký)
- výskyt mikrodepresí (1. – nízký, 2. – střední, 3. – vysoký)
- míra poškození technických objektů meliorační soustavy (1 – nízká, 2. – střední, 3. – vysoká)
- míra poškození retenční a akumulární funkce MO vlivem LDS (1 – nízká, 2. – střední, 3. – vysoká).

Samostatně je vytvořena vrstva tzv. **hydrologických bodů**, které představují nejnižší bod v rámci LMO, kterým by měly gravitačně vytékat povrchové vody z jeho území.

Podklady do terénu (mapy)

V rámci přípravy projektu se ukázalo jako velmi efektivní využití podkladů DPZ postavených na digitálním modelu reliéfu (DMR). V programu Saga GIS byl vytvořen řetězec operací, který z podkladových souborů ve formátu XYZ umožňuje postupně vytvořit rastr DMR (interpolace Natural Neighbour), z něj pak detekci melioračních příkopů a dalších terénních prohlubní – např. mikrodepresí (analýza Downslope Curvature), zjištění akumulovaného odtoku (analýza Flow Accumulation) a zjištění topografického indexu vlhkosti (analýza Topographic Wetness Index).

Vybrané mapové kompozice jsou prezentovány v *doprovodné části sborníku - terénní průvodce*.

Terénní šetření (popis šetření + ukázka databáze)

Postup terénního šetření specialisty na LMO bude probíhat v následujících krocích, při kterých budou hodnoceny uvedené charakteristiky:

1. Najít v terénu hydrologický bod (HYB), tedy nejnižší místo kudy odtéká voda z LMO.
 - Soulad vymezeného hydrologického bodu s terénem. Provést hodnocení, zda údaj z podkladových dat odpovídá skutečnosti, případně zaznamenat pozici skutečného HYB.
2. Na tomto místě provést posouzení, zda se zde vyskytují nějaká funkční hydromeliorační zařízení (HMZ) ve vztahu k plnění retenční a akumulární funkce a případně provést posouzení v jakém stavu tato HMZ jsou.
3. Pokračovat dále proti proudu po směru hlavníku, po vodoteči, případně podél transektu stanoveném v kanceláři (transekt LMO). Zde provést hodnocení a ověření:
 - Výskyt objektů technických meliorací
 - Typ technických meliorací
 - Funkčnost objektů technických meliorací
 - Míry poškození technických objektů.
 - Míry poškození retenční a akumulární funkce LMO vlivem LDS.
 - Aktuálně realizovaná technická infiltrační a akumulární opatření.
4. V rámci pochůzky po LMO bude provedeno hodnocení vlastností terénu:
 - Ověření výskytu příznivého mikroreliefu (mikrodeprese).
5. V rámci pochůzky po LMO bude provedeno hodnocení stavu lesních porostů:
 - Výskyt stromů odumřelých a se zhoršeným zdravotním stavem.
 - Ověření podílu holin vůči stavu z DPZ.
6. V rámci pochůzky po LMO bude provedeno ověření vlastností stanoviště:
 - Soulad kancelář/terén – typ terénu.
 - Soulad kancelář/terén – typ LT jednotky.
7. Provede celkové stručné zhodnocení situace v LMO (položka Popis)
8. Dle předchozího hodnocení a na základě sdružené (sub)kategorie lesů bude navržen základní a podrobný návrh opatření v daném LMO.

9. Po skončení venkovní sezóny, případně po dokončení šetření u jednotlivých vlastníků, bude doporučeno návrh managementu konzultovat s OLH nebo přímo s velkým vlastníkem lesa.

Ukázka z databáze je prezentována v *doprovodné části sborníku - terénní průvodce*.

Návrh opatření

Stěžejní součástí terénního šetření bude návrh opatření (návrh managementu) pro LMO. Návrh je strukturován do dvou úrovní. Na základní úrovni stanoví specialista základní směr managementu LMO, na podrobnější úrovni může vybírat z připraveného zásobníku více specifikované a cílenější opatření, která budou vyplívat z aktuálního stavu LMO.

Rozhodujícími parametry pro výběr opatření jsou (sub)kategorie lesů, současný stav lesních porostů a výskyt (stav) technických melioračních zařízení, případně lesní dopravní sítě v jejich okolí.

Základní opatření

- A. Pokračování ve stávajícím managementu
- B. Návrh biologických opatření
- C. Návrh technických opatření
- D. Návrh ostatních opatření
- E. Návrh kombinovaných opatření (B+C, D+B, D+C)

Podrobná opatření

- I. **Přístup na LMO, kde dosavadní realizovaná opatření adekvátně podporují retenční a akumulární funkci**
 - A. **Pokračování ve stávajícím managementu**
 - 1. Pokračovat ve stávajícím managementu
- II. **Opatření v lesích hospodářských**
 - B. **Návrh biologických opatření (opatření pěstební charakteru)**
 - 2. Podpora hospodářských způsobů omezující holinu, podporující bohatě strukturované porosty
 - 3. Přeměna (úprava) druhové skladby
 - 4. Rekonstrukce porostů
 - 5. Opatření při obnově porostů: rozčlenění a zpřístupnění porostů
 - 6. Opatření při obnově porostů: obnova kalamitních holin
 - 7. Stabilizace porostů výchovou
 - 8. Volba vhodné těžebně-dopravní technologie
 - 9. Nízký les
 - C. **Návrh technických opatření (technická opatření ovlivňující hydrický režim)**
 - i. **Technická úprava zaměřená na změnu hydrického režimu**
 - 10. Zvýšení retenčního prostoru v půdě
 - 11. Zvýšení hladiny podzemní vody pomocí regulace odtoku
 - 12. Ochrana lesních pramenů a pramenišť
 - 13. Bezpečně/účinné převedení cizích vod přes meliorační okrsek
 - 14. Doplnění akumulálních prostor v rámci LMO
 - 15. Optimalizace souběhu cestní sítě s meliorační sítí
 - 16. Zánik meliorační sítě
 - 17. Úprava toku
 - 18. Hrazení bystřin a strží
 - ii. **Údržba technických opatření zaměřená na podporu stávajícího hydrického režimu**
 - 19. Údržba meliorační sítě

20. Údržba cestní sítě ve vztahu k meliorační soustavě

21. Asanace škodících erozních prvků na ploše okrsku

III. Opatření v lesích, kde nepřevažuje hospodářský zájem

D. Návrh ostatních opatření (návrh mimo lesy hospodářské)

i. Lesy ve správě ochrany přírody

22. Management dle plánu péče ZCHÚ

ii. Lesy s vodohospodářskou funkcí (LZU⁵)

23. Management lesů s vodohospodářskou funkcí dle příslušného LHP/O

iii. Ostatní lesy zvláštního určení (LZU⁶)

24. Management ostatních lesů zvláštního určení dle příslušného LHP/O

iv. Lesy ochranné

25. Management lesů ochranných dle příslušného LHP/O

Celkově bylo popsáno 25 konkrétních opatření seskupených na ty, které budou doporučována v lesích hospodářských a ty patřící do lesů, kde nepřevažuje hospodářský zájem. Pokud dosavadní realizovaná opatření adekvátně podporují retenční a akumulaci funkci bude doporučeno pokračovat ve stávajícím managementu.

Metodické zhodnocení potenciální retence a akumulace a rizika ohrožení plnění retenční a akumulaci funkce

Navazujícím výstupem z šetření LMO je zhodnocení dvou základních faktorů: a) jak si okresek stojí z hlediska své potenciální retence a akumulace a b) je-li tato potenciální retence a akumulace ohrožena negativním stavem LMO z hlediska stavu lesních porostů, výskytu a stavu technických melioračních zařízení, případně lesní dopravní sítě v jejich okolí (tab. 1).

Tab. 1: Zařazení dílčích parametrů do vyhodnocení potenciální retence a akumulace a rizika ohrožení plnění retenční a akumulaci funkce

Faktor/ Kritérium	A. Potenciální retence a akumulace	B. Riziko ohrožení plnění retenční a akumulaci funkce
1	kvantitativní hydrický potenciál (vodní bilance)	odchylka od CDS
2	kvalitativní hydrický potenciál (retence)	výskyt holin
3	přítomnost mikrodepresí	výskyt stromů odumřelých a se zhoršeným zdravotním stavem
4	funkčnost technických meliorací	míra poškození objektů technických meliorací
5	pestrost smíšení dřevin	míra poškození retenční a akumulaci funkce MO vlivem LDS
6		aktuálně realizovaná technická infiltrační a akumulaci opatření

Postup výpočtu hodnotících parametrů potenciální retence a akumulace a rizika ohrožení plnění retenční a akumulaci funkce je postaven na celkovém součtu bodů jednotlivých parametrů ve sledované skupině/faktoru. Každý parametr je ohodnocen na škále 1–3 body (nízký – střední – vysoký význam). Celková suma bodů pro každou skupinu parametrů je standardizována (operacionalizována) metodou min–max na bodovou škálu 1–7. Výsledné dvě hodnoty pak charakterizují potenciál a rizika daného LMO (tab. 2).

Zhodnocení: LMO 33323 (Třeboň) má střední hodnotu potenciální retence a akumulace a nízkou hodnotu rizika ohrožení plnění retenční a akumulaci funkce (tab. 2).

⁵ Návaznost na lesní zákon a vyhlášku o OPRL

- pásma hygienické ochrany vodních zdrojů I. Stupně
- ochranná pásma zdrojů přírodních léčivých a stolních minerálních vod

⁶ - území národních parků a národních přírodních rezervací

- I. zóny CHKO, přírodní rezervace, přírodní památky
- lázeňské lesy
- lesy se zvýšenou funkcí půdoochrannou, vodoochrannou, klimatickou, nebo krajinnou
- lesy potřebné pro zachování biologické různorodosti

Tab. 2: Ukázka vyhodnocení lesnického melioračního okrsku 33323 (Třeboň).

Faktor (aspekt)	1	2	3	4	5	6	Součet bodů	Výsledné hodnocení LMO
A. Potenciální retence a akumulace	2	2	1	3	2		10	4,0
B. Riziko ohrožení plnění retenční a akumulací funkce	2	1	2	1	1	0	7	2,1
ID LMO	33323 (Třeboň)							

Využití výsledků šetření MO

Zhodnocení potenciální retence a akumulace a rizika ohrožení plnění retenční a akumulací funkce (i jednotlivých dílčích kritérií) může přinést celou řadu podkladů a informací pro budoucí rozhodovací procesy.

Výstup **Potenciální retence a akumulace** umožní diferenciovat území podle kvantity i kvality retence, umožní poukázat na území, kde je vhodné vysokou retenci využít, nebo naopak nízkou retenci stabilizovat a podpořit. V území s vysokou retencí je vhodné podporovat akumulaci (např. prostřednictvím budování/obnovení funkčních technických zařízení – manipulační přepážky, tůňe, malé vodní nádrže atd.). Území s nízkou retencí může být naopak vhodné převést z hlediska stavu lesních porostů a případné meliorační sítě spíše k přirozenějšímu (původnímu) stavu lesních ekosystémů.

Výstup **Riziko ohrožení plnění retenční a akumulací funkce** umožní diferenciovat území podle ohrožení plnění retenční a akumulací funkce, vymezit problematické lokality z hlediska narušení/poškození lesních porostů, stavu technických melioračních zařízení nebo jejich křížení s lesní dopravní sítí. Umožní to koordinovat lesnický management takto poškozených území, případně zacílit disponibilní finanční prostředky, které by mohli být použity pro podporu retenční nebo akumulací funkce lesů v lesních povodích.

Závěr

Lesnické meliorační okrsky jsou specifické oblasti v lesních povodích, které mají odlišný vodní režim než okolní území. Tyto oblasti hrají klíčovou roli při transformaci srážkové vody z místa infiltrace do povrchového odtoku a jsou také vhodným místem pro technické řešení retence a akumulace vody v lesních povodích.

Proces monitorování a hodnocení parametrů LMO začíná kancelářskou přípravou podkladů pro venkovní šetření. Poté následuje venkovní šetření, při kterém se zkoumají prvky, které nelze zjistit bez přímého posouzení konkrétní situace na místě. Na základě terénního šetření se formulují návrhy doporučení pro podporu retence a akumulace vody v LMO. Opatření jsou diferencována na základní a podrobná. Rozhodujícími parametry pro výběr opatření jsou kategorie lesů, stav lesních porostů, přítomnost a stav technických melioračních zařízení a lesní dopravní sítě v jejich okolí.

Metodické vyhodnocení LMO zahrnuje dva hlavní faktory: A) potenciální retenci a akumulaci vody a B) riziko ohrožení retenční a akumulací funkce. Výsledky hodnocení mohou poskytovat informace pro budoucí rozhodování. Pomáhají identifikovat oblasti, kde je vhodné podporovat retenci a akumulaci vody a naopak oblasti, které budou vyžadovat určitou podporu nebo její stabilizaci. Také umožňují identifikovat oblasti, kde hrozí ohrožení plnění retenční a akumulací funkce a do kterých by bylo vhodné namířit hospodářský management nebo případnou dotační podporu.

Komplexní šetření LMO umožní vytvářet souhrnné statistiky a přehledy o základním charakteru a stavu vodou ovlivněných stanovišť za jednotlivé přírodní lesní oblasti (např. pro účely MZe), územní celky (např. pro Ministerstvo životního prostředí či kraje) nebo vlastníky. Je však ambice, aby se staly také podkladem pro směřování konkrétního hospodaření na těchto územích prostřednictvím lesnických projekčních kanceláří při tvorbě LHP a LHO. Tím budou prospěšné pro velké i drobné vlastníky lesů.

Poděkování

Příspěvek vznikl díky prostředkům na výzkumný projekt QK21020386 „Kategorizace a optimalizace managementu melioračních okrsků pro zvýšení retenční funkce lesa“.

II. EXKURZNÍ PRŮVODCE

ZÁKLADNÍ INFORMACE O ÚZEMÍ PLO 15 JIHOČESKÉ PÁNVE

Ing. Karel Taubr

Plocha lesa dle OPRL je **76 375 ha**.

Lesnatost oblasti činí cca **31,1 %**.

Přírodní lesní oblast Jihočeské pánve je specifická svou harmonickou kulturní krajinou s mírnou převahou orné půdy nad podílem lesů. Jedná se o velmi vyhraněnou oblast třetihorních pánví, která je rozdělená na dvě samostatné podoblasti. Podoblast Českobudějovická pánev je z jihozápadní strany lemována Předhořím Šumavy a ze severní strany hraničí s PLO Středočeská pahorkatina. Na východní straně je ostře vymezena zlomovým svahem (Lišovský práh), který ji odděluje od Třeboňské pánve. Podoblast Třeboňská pánev je výrazně větší a má protáhlý tvar ve směru S – J. Ze severní a západní strany sousedí rovněž se Středočeskou pahorkatinou, na východě sousedí s Českomoravskou vrchovinou a z jihu již sousedí s Rakouskem a částečně s PLO Předhoří Šumavy a Novohradských hor (Kolektiv 2021).

Velké lesní komplexy se nacházejí hlavně ve střední a jižní části Třeboňské pánve. Hlavním specifikem oblasti je vysoký podíl vodních ploch (hlavně rybníků, vybudovaných již ve středověku). V krajině převládají menší obce (místa ještě se zachovalou architekturou typickou pro jižní Čechy – selské baroko). Charakteristickým reliéfem oblasti je plošina. Geologicky je oblast velice pestrá z důvodu střídání různých druhů sedimentů (písčité až jílovité), včetně velkého podílu rašelinišť. Více než 80 % plochy území leží v rozpětí nadmořských výšek 400–500 m. Převládá zde 4. lesní vegetační stupeň, ale ve své specifické podobě jako dubo-jehličnatá varianta (vyšší přirozený podíl jedle, borovice a smrku, které zejména spolu s dubem letním tvoří hlavní dřeviny na úkor buku). Nejvíce zastoupenou ekologickou řadou je oglejená. Přírodní lesní oblast zabírá nejteplejší území jižních Čech. Celá pánev přitom představuje inverzní oblast velkých rozměrů, známou občasnými



rekordními mrazy (Litvínovice -42,2 °C a České Budějovice -39,7 °C dne 11. 2. 1929). Oblast leží ovšem i v areálu silného vlivu *föhnů* za Alpami a Šumavou, takže se zde vyskytují letní absolutní maxima až ke 40 °C. Oblast má tedy pravděpodobně nejkontinentálnější klima v ČR. Tyto projevy podnebí mají značný dopad na vegetaci a mají vliv i na vznik ekotypu Třeboňské borovice a cenných populací dubů. Specifický je i výskyt porostů borovice blatky na rašeliništích (Kolektiv 2021).

Extrémně suchý rok 2015 se stal příčinou pokračující kůrovcové kalamity, která nebývalou měrou zasáhla i PLO 15. Borovice je často poškozována těžkým sněhem. Škody ohryzem a loupáním jsou nízké.

Celá oblast tvoří dno tektonické sníženiny a patří k nejplošším v České republice. Oblast je součástí povodí řeky Vltavy a náleží tak k úmoří Severního moře. Hlavně Třeboňská pánev je odvodňována soustavou stok a krajina je typická velkým množstvím rybníků. Většina této podoblasti je zařazena do CHOPAV Třeboňská pánev (Kolektiv 2021).

ZASTÁVKA Č. 1: HRÁZ BÝVALÉHO RYBNÍKA HRÁDEČEK: ZÁKLADNÍ INFORMACE O ÚZEMÍ

Ing. Karel Taubr

Rybník Hrádeček (688 ha) začal stavět Mikuláš Rutard od roku 1566 a opíral se při tom o původní záměr od Štěpánka Netolického. Stavba se ale nepodařila. Rybník byl založen na neúrodné rašelině, hráz promáčela a bortila se. Při stavbě Hrádečku se Mikuláš Rutard nepohodl s Jakubem Krčínem, a byl za to sesazen z místa třeboňského hejtmana. Nicméně potíže s Hrádečkem měl i Krčín, nejen se stabilitou hráze, ale i s jeho napouštěním. Regent se proto často handrkoval s třeboňským klášteřem augustiniánů o vodu ze Zlaté stoky. Hráz rybníka se několikrát protrhlá. Voda v rybníce nebyla vhodná pro chov ryb, a tak byl rybník zrušen. Nejdříve byl využíván jako pastvina a následně došlo k zalesnění.

Lesnický meliorační okrsek ID 15-33323, výměra 700,97 ha.

Zastoupení lesních typů:

LT	plocha LT (ha)
OR2	403,28
3R3	233,14
4R1	50,82
4R2	13,70

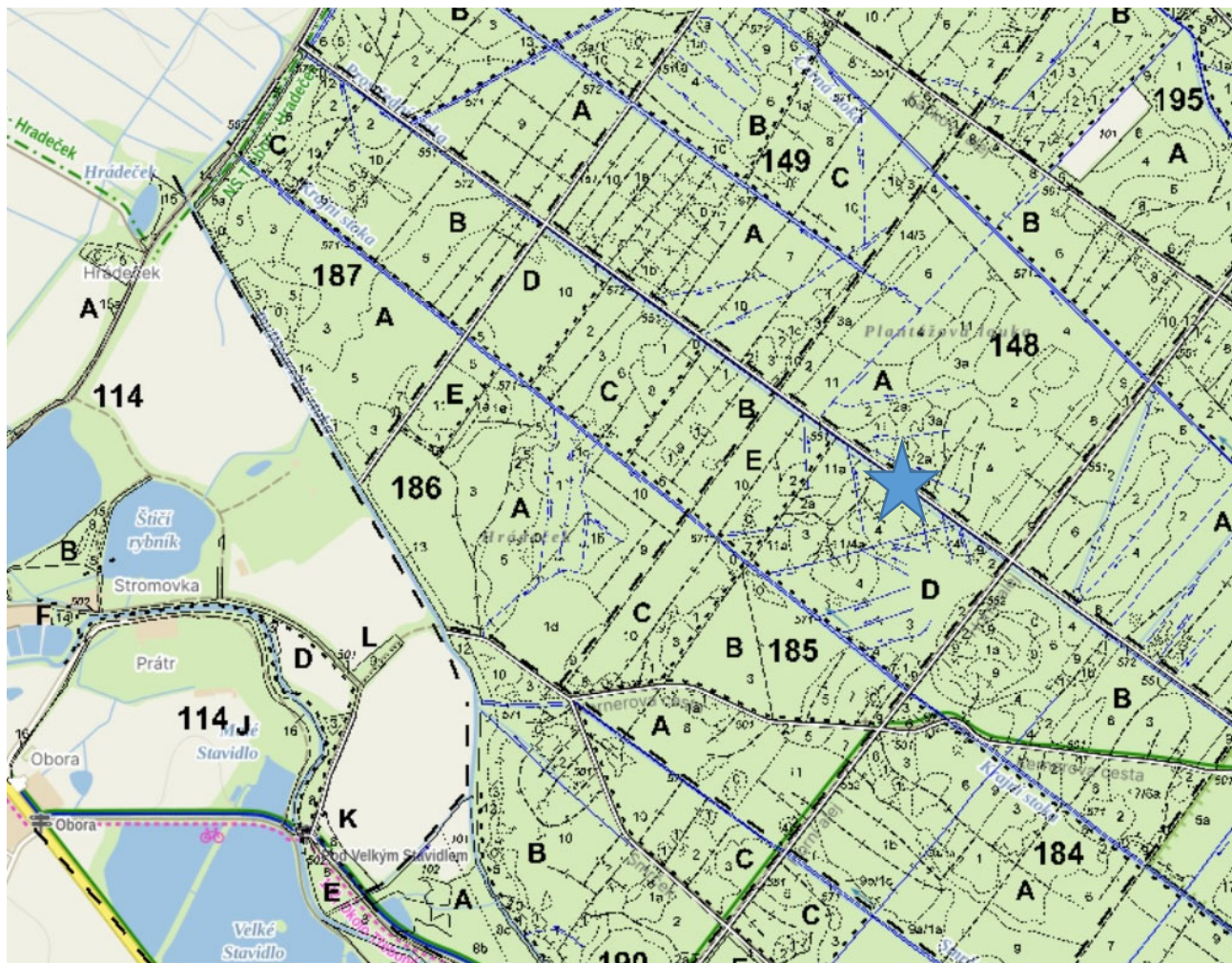
Zastoupení dřevin:

BO 50, SM 39, BR 8, OL 1, BRP 1, DB 1



ZASTÁVKA Č. 2: PODKLADY Z KANCELÁŘE, VYUŽITÍ PODKLADŮ DPZ; UKÁZKA HODNOCENÍ PRÁCE SPECIALISTY V TERÉNU

Ing. Robert Hruban



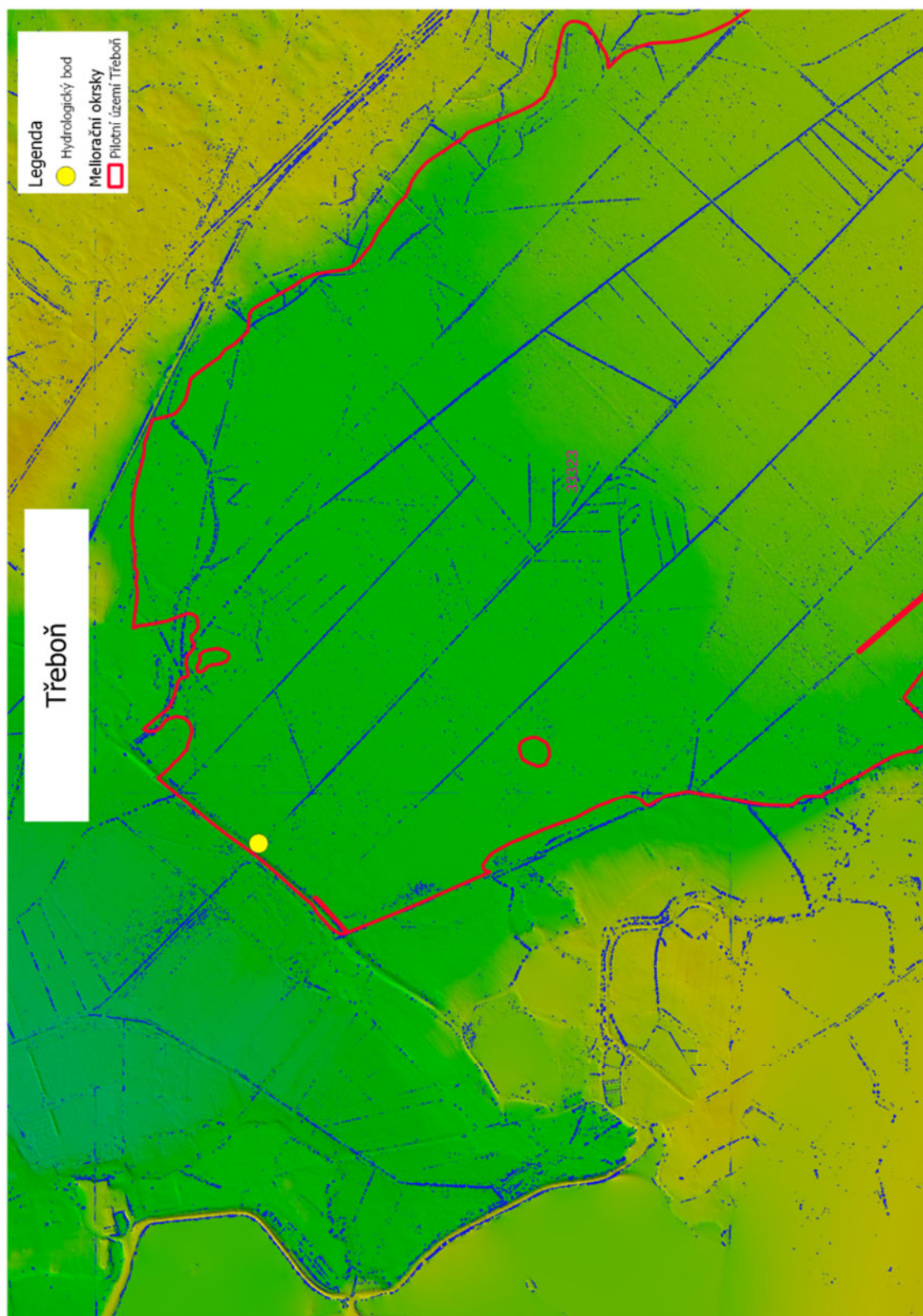
Specialista bude mít při řešení lesnického melioračního okrsku (LMO) k dispozici mapové podklady a terénní zařízení (zápisník) s připravenou databází. Do databáze budou nahrány údaje z kancelářské přípravy, velkou část podkladů bude mít specialista již k dispozici. Při venkovním pochůzce specialista ověří údaje z kanceláře nebo provede změnu podle konkrétního stavu v LMO. V závěru šetření provede návrh doporučení pro LMO – bude vybírat z připraveného seznamu opatření dle situace v LMO.

Ukázka z databáze: LMO 15-33323 (rybník Hrádeček)

Skupina výstupů	Položka databáze	Způsob zjištění	Třeboň	
Základní parametry	Pořadové číslo (ID MO)	Kancelář	15-33323	
	Výměra MO	Kancelář	700,9717	
	Typ tvar	Kancelář	plošný	
	Hydrologický bod	Kancelář	-732661.64/-1166513.72	
	Datum šetření	Venkovní šetření	2023:15:09:19:38	
Stanovištní parametry	Provozní soubor	Kancelář	les ochranný	
	Převládající CHS	Kancelář	1	
	Kvantitativní hydrický potenciál	Kancelář	2 - střední	
	Kvalitativní hydrický potenciál	Kancelář	2 - střední	
	Vertikální stupeň	Kancelář	II	
	Hydrická řada převládající	Kancelář	HrR	
	Převládající typ vodního režimu	Kancelář	3 - rašeliny	
	Přítomnost mikrodepresí	Kancelář	1 - nízký výskyt	
	Verifikace mikrodepresí	Venkovní šetření		
	Typ terénu	Kancelář	rovina, svahy do 5°	
	Soulad kancelář/terén - Typ terénu	Venkovní šetření	1 - je v souladu	
	Soulad kancelář/terén - LT	Venkovní šetření	1 - je v souladu	
	Porostní parametry	Převládající skupina dřevin (DPZ)	Kancelář	smrk
		CDS MO	Kancelář	BO 62, SM 27, BR 9, OL 2
Pestré smíšené dřevin		Kancelář	2 - střední pestrost smíšené	
Nevhodná DS		Kancelář	2 - podmíněně vhodná	
Výskyt stromů odumřelých a se zhoršeným zdravotním stavem		Kancelář	2 - střední výskyt	
Soulad kancelář/terén - Výskyt stromů odumřelých a se zhoršeným zdrav. stavem		Venkovní šetření	1 - je ověřeno	
Výskyt holín		Kancelář	1 - nízký výskyt	
Management		Sdružené kategorie lesů	Kancelář	LO - les ochranný
	Výskyt technických meliorací (TM)	Kancelář/Venkovní šetření	1 - TM se vyskytují	
	Typ technických meliorací	Venkovní šetření	Systematická síť	
	Funkčnost technických meliorací	Kancelář/Venkovní šetření	3 - vysoká funkčnost TM	
	Soulad kancelář/terén - funkčnost technických meliorací	Venkovní šetření	1 - je ověřeno	
	Míra poškození objektů technických meliorací	Kancelář/Venkovní šetření	1 - nízké poškození	
	Soulad kancelář/terén - míra poškození objektů technických meliorací	Venkovní šetření	1 - je ověřeno	
	Míra poškození retenční a akumulační funkce MO vlivem LDS	Kancelář/Venkovní šetření	1 - nízké poškození	
	Soulad kancelář/terén - míra poškození retenční a akumulační funkce MO vlivem	Venkovní šetření	1 - je ověřeno	
	Aktuálně realizovaná technická infiltrační a akumulační opatření	Kancelář/Venkovní šetření	0 - bez ovlivnění	
	Celkové hodnocení melioračního okrsku	Venkovní šetření	Silně podmáčený MO, středně pozměněná druhová skladba, hluboké udržované příkopy	
Hodnotící část databáze MO	Potenciální retence a akumulace		11	
	Indikátor potenciální retence a akumulace		4,6	
	Riziko ohrožení plnění retenční a akumulační funkce		8	
	Indikátor rizika ohrožení plnění retenční a akumulační funkce		2,8	
Doporučení pro MO	Základní typ opatření		D - návrh ostatních opatření	
	Podrobný typ opatření		24 - Management lesů ochranných dle příslušného LHP/O	
	poznámka		-	

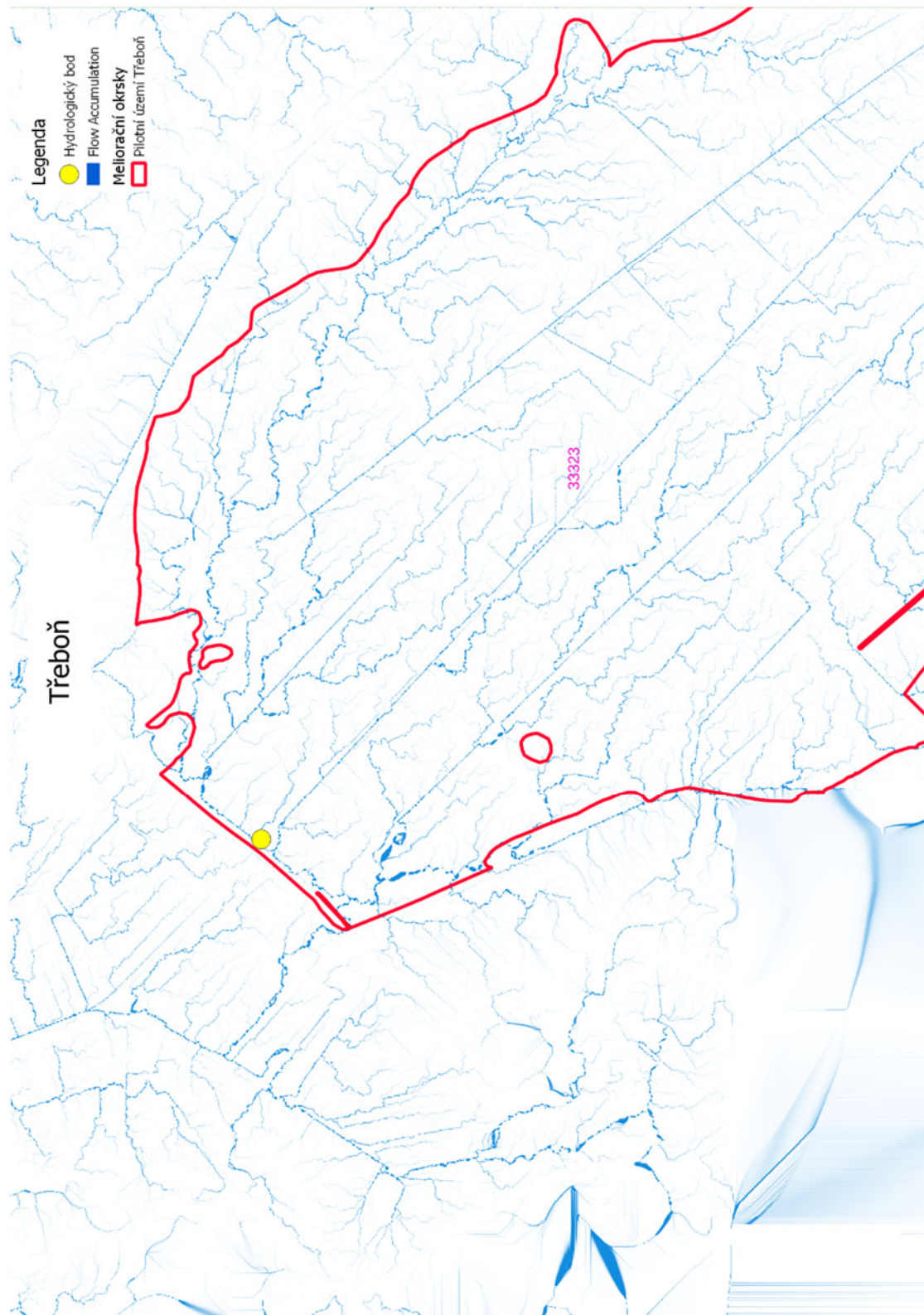
Detekce melioračních příkopů z DPZ

Detekce melioračních příkopů je provedena v samostatné analýze z podkladů DPZ v rámci přípravné fáze projektu. K procesu vytvoření podkladových map je využita řízená automatizace GIS analýz v programu SAGA. Pro všechny analýzy je použit DMR s rozlišením 1 m. K identifikaci příkopů je využita analýza *Downslope Curvature*, která umí najít v digitálním modelu terénu konkávní (prohloubené) tvary. Je nutné říct, že to mohou být jakékoliv konkávní tvary v terénu, nejen meliorační příkopy - např. tedy i zářezy cest, žleby či erozní rýhy; bez rozeznání, zdali se jedná o přirozené či umělé tvary. Analýza detekuje i jednostranně prohloubené tvary, tedy např. paty hrází rybníků.

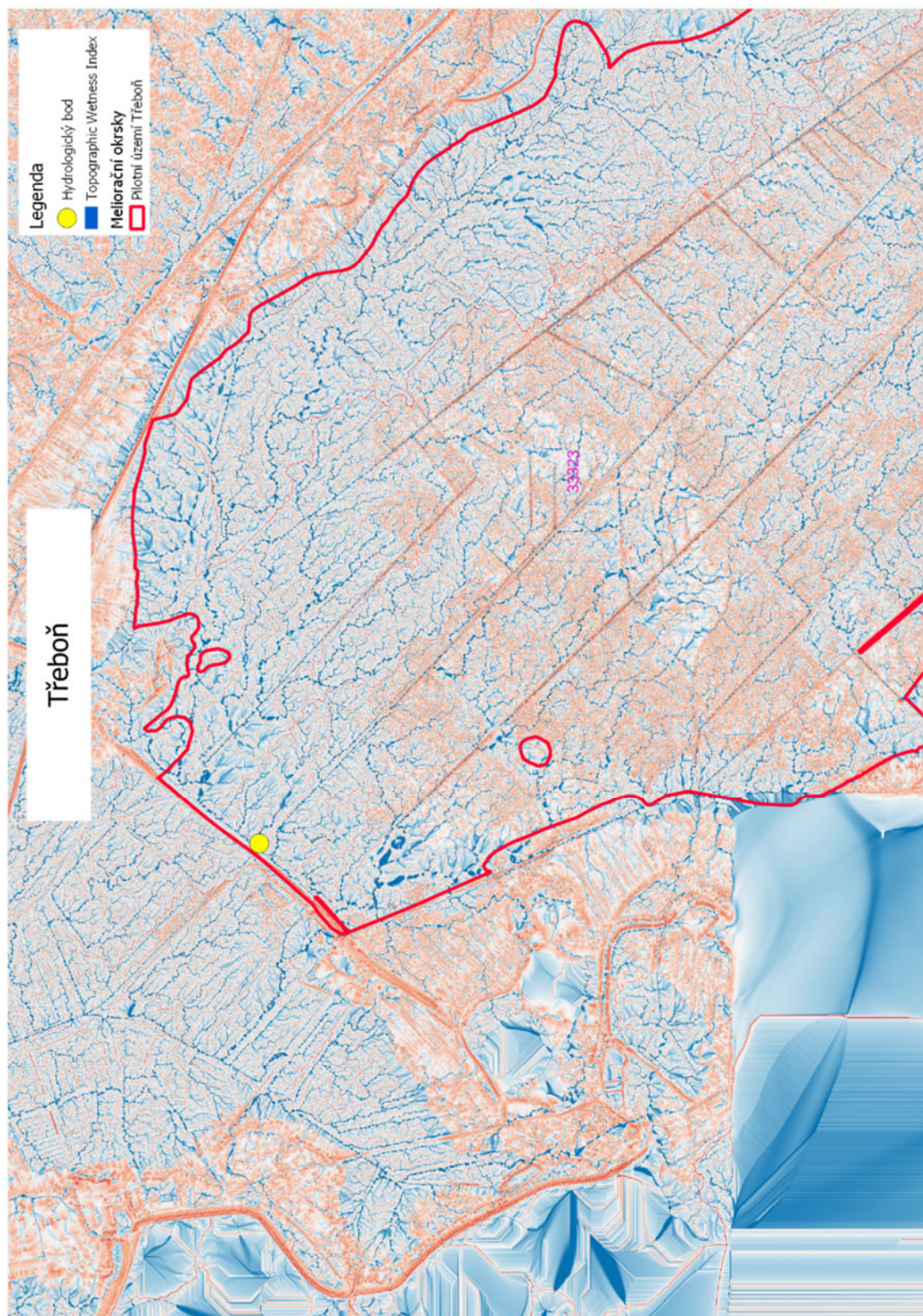


Další analýzy

Pro představu, jakým způsobem se může pohybovat podzemní i povrchová voda v rámci šetřeného území (tzv. dráhy odtoku), je zpracována analýza *Flow Accumulation*. Akumulovaný tok se počítá v rámci rastrové analýzy jako akumulovaný součet všech buněk proudících do každé sestupné buňky.

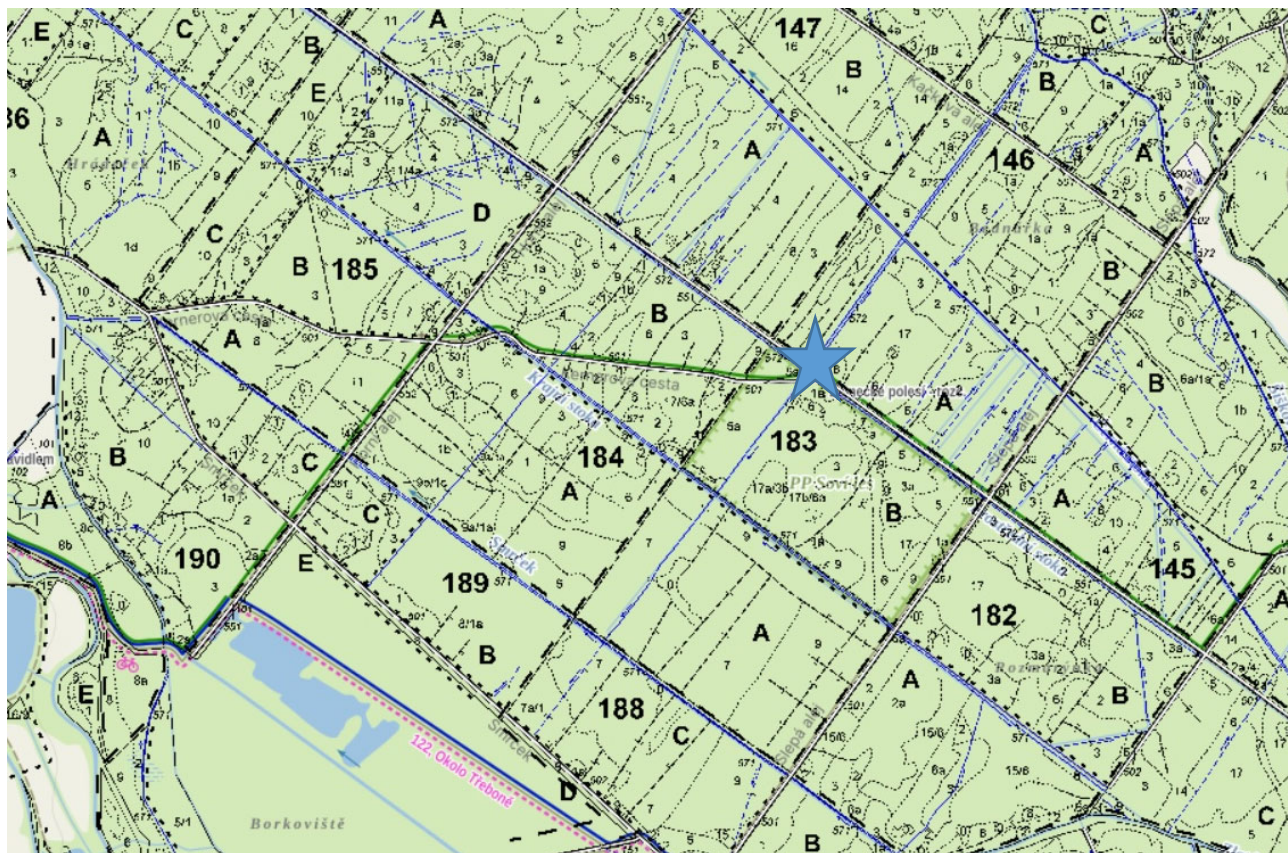


Obdobné výsledky poskytuje i analýza *Topographic Wetness Index*. Na rozdíl od předchozí analýzy dokáže identifikovat také oblasti, které přispívají do výpočtu celkové vlhkosti (voda odtud odchází). Proto i v tak rovinaté části území jako je dno bývalého rybníka Hrádeček, je možné identifikovat části území, které jsou pravděpodobně sušší, a části území, kterými probíhá odtok vody z území.



ZASTÁVKA Č. 3: POSTUP PRÁCE SPECIALISTY V TERÉNU, HODNOCENÍ STANOVIŠTĚ LESNÍCH POROSTŮ, TECHNICKÝCH MELIORACÍ A KŘÍŽENÍ LESNÍ A MELIORAČNÍ SÍTĚ

Ing. Vladimír Černohous, Ph.D.

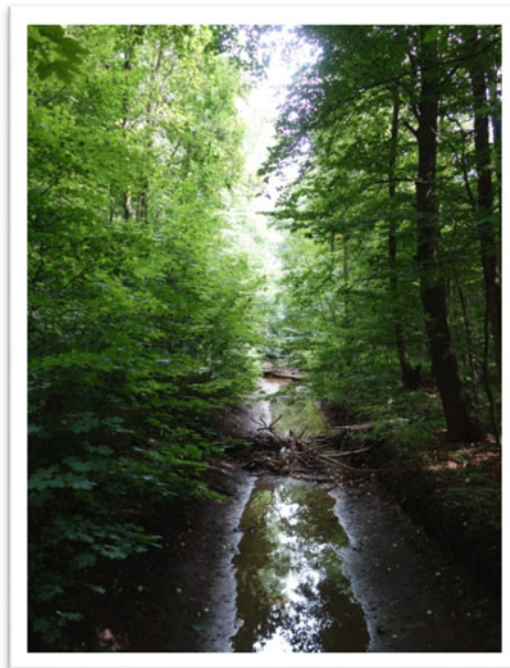
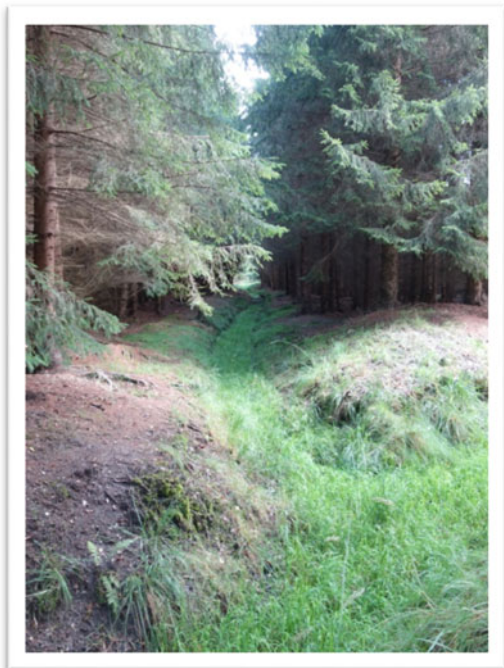


Specialista při venkovním šetření postupuje od hydrologického bodu po hlavníku (hlavní vodoteči). Pokud ten nebude přítomen, bude v kanceláři pro směr hlavního šetření stanoven transekt. Cestou specialista ověřuje či upravuje položky z hlediska stavu porostů, meliorační a cestní sítě a ostatních technických zařízení v připravené databázi, kterou má k dispozici z přípravné (kancelářské) fáze (**viz položky s uvedeným způsobem zjištění „Venkovní šetření“ v ukázce databáze výše**). Například ověří výskyt mikrodepresí, soulad zařazení do LT, ohodnotí procento stromů odumřelých a se zhoršeným zdravotním stavem.

U prvků technických meliorací hodnotí charakter jejich výskytu, funkčnost a míru poškození. Ty se v hrubé (indikační) trojbodové škále hodnotí podle výskytu zaměňování, projevů břehové a dnové eroze, stavu, účelnosti a účinnosti objektů na příkopech (protierozní opatření, dnové pásy a prahy, stupně, přehrážky, odběrné a usměrňovací objekty, příp. tůňe a retenční nádrže). Současně se sleduje vliv LDS na potenciál plnění retenční a akumulační funkce lesnického melioračního okruhu (LMO) - křížení cestní sítě s vodotečemi a meliorační sítí). Ohodnotí se také účelnost a účinnost aktuálně prováděných technických opatření, jsou-li přítomna.

V závěru specialista vyhodnotí a stanoví doporučení pro způsob hospodaření na LMO s výběrem opatření dle seznamu, který bude mít k dispozici (součást připravované metodiky; viz příspěvek Hruban: „Možnosti využití...“, str. 24 tohoto sborníku).

Ilustrační fotografie:



Svodné příkopy na meliorační síti: a) zarůstající travní vegetací; b) s opatřením ke zpomalení odtoku za pomocí klestových přehrážek



Ukázka možného křížení cestní a meliorační sítě a stabilní regulovatelné přehrážky na zadržení a retenci vody ve velmi zahloubeném hlavníku.

ZASTÁVKA Č. 4: ZLATÁ STOKA A AKVADUKTY, HRANICE LESNICKÉHO MELIORAČNÍHO OKRSKU

Ing. Dušan Kacálek, Ph.D.

Národní kulturní památka Zlatá stoka byla vybudována Štěpánkem Netolickým mezi lety 1505 – 1520. Vznikla prodloužením starší Landštejnské strouhy. Z Lužnice vychází směrem vlevo u jezu Pilař v Majdaléně a pod Veselím nad Lužnicí se zleva po 48 km do Lužnice vrací. Sloužila jako přivaděč okysličené vody do rybníků, poháněla pily a koželužny, mlýny (bylo jich 20), zásobovala pitnou a užitkovou vodou. Zajímavé jsou tři akvadukty (úprava v 70. letech 20. století). Na prvním se Zlatá stoka kříží s Odlehčovačem (necelých 1,4 km SZS od Majdaleny), druhý je ca 2 km SV od Branné a třetí se nachází nedaleko Tyršova stadionu v Třeboni.

Ukázka specifické terénní úpravy a odvedení vody napříč z původního povodí (akvadukt).



Akvadukt u Majdaleny (mimo ukázky):



ZASTÁVKA Č. 5: KONEC RYBNÍKA – ODLIŠNÉ STANOVIŠTNÍ PODMÍNKY, PROPOJENÍ NA RÁMCOVÉ NÁVRHY HOSPODAŘENÍ

Ing. Vratislav Mansfeld, Ph.D.

V OPRL je garantován přenos adaptačních opatření ze strategických konceptů z úrovně národní do podmínek regionálního podrobného plánování. V OPRL jsou tyto informace součástí rámcových směrnic hospodaření, které jsou podkladem pro podrobné plánování (tvorba lesních hospodářských plánů a osnov).



Správa lesů ve vztahu k lesnické hydrologii vyžaduje stanovit východiska. V oblastních plánech rozvoje lesů (OPRL) jsou prostřednictvím *Lesnicko-typologického klasifikačního systému lesů* vylíšena vodou ovlivněná stanoviště. Na tomto podkladu jsou mapovány jednotlivé lesnické meliorační okrsky (LMO). Následně jsou v OPRL opatření pro podporu retence a akumulace vody v lesích řešena na úrovni:

- Rámcové, s odkazem na rámcové směrnice hospodaření prostřednictvím cílového hospodářského souboru. Daná problematika je řešena v širším kontextu.
- Lokální, která jsou uplatněna na daném LMO a jsou podkladem pro navazující detailní projektovou činnost a hospodářská opatření.

Kromě přírodních podmínek volbu konkrétních opatření na podporu hydrologického potenciálu lesních porostů ovlivňuje jejich stav, druhová skladba a funkční zaměření porostů. Předkládaný koncept je založen na ekologických základech a podporuje obnovu přirozeného vodního režimu v lesích. Tímto způsobem OPRL v dané problematice plní poslání lesnického hydrologického generelu.

ZASTÁVKA Č. 6: SHRNUTÍ A ZÁVĚR SEMINÁŘE

Ing. Ondřej Špulák, Ph.D.

Cílem semináře a terénní exkurze bylo seznámit účastníky s širší problematikou týkající se lesnických melioračních okrsků (jejich významem pro klima krajiny i principy koloběhu vody v ekosystému lesa) a zejména s novou koncepcí a novými postupy vymezení a kategorizace LMO, které vznikaly a jsou v současné době dokončovány v rámci řešeného projektu.

Věříme, že seminář svůj účel splnil a připravovaná metodika (bude vydána jako „Metodika postupu rozlišení a využití lesnických melioračních okrsků pro zvýšení retenční funkce lesa“ s navazujícím vzorovým souborem map „Typové lesnické meliorační okrsky a jejich diferenciaci pro zvýšení retenční funkce lesa“) a z ní vycházející informace jednotně zpracované pro celou republiku budou využity a prospěšné nejen při realizaci koncepčních materiálů a studií, ale i při konkrétním směřování hospodaření v lokalitách lesnických melioračních okrsků. Závěrem lze vyjádřit naději, že na základě cílevědomé optimalizace managementu, bude skutečně posilována retenční kapacita lesních stanovišť, jak má řešený projekt za cíl, při vyváženém plnění ostatních očekávaných funkcí konkrétních území.

Souhrnné poděkování

Příspěvky části „II. Exkurzní průvodce“ tohoto sborníku vznikly díky prostředkům na výzkumný projekt QK21020386 „Kategorizace a optimalizace managementu melioračních okrsků pro zvýšení retenční funkce lesa“.



www.vulhm.cz
www.vulhmop.cz